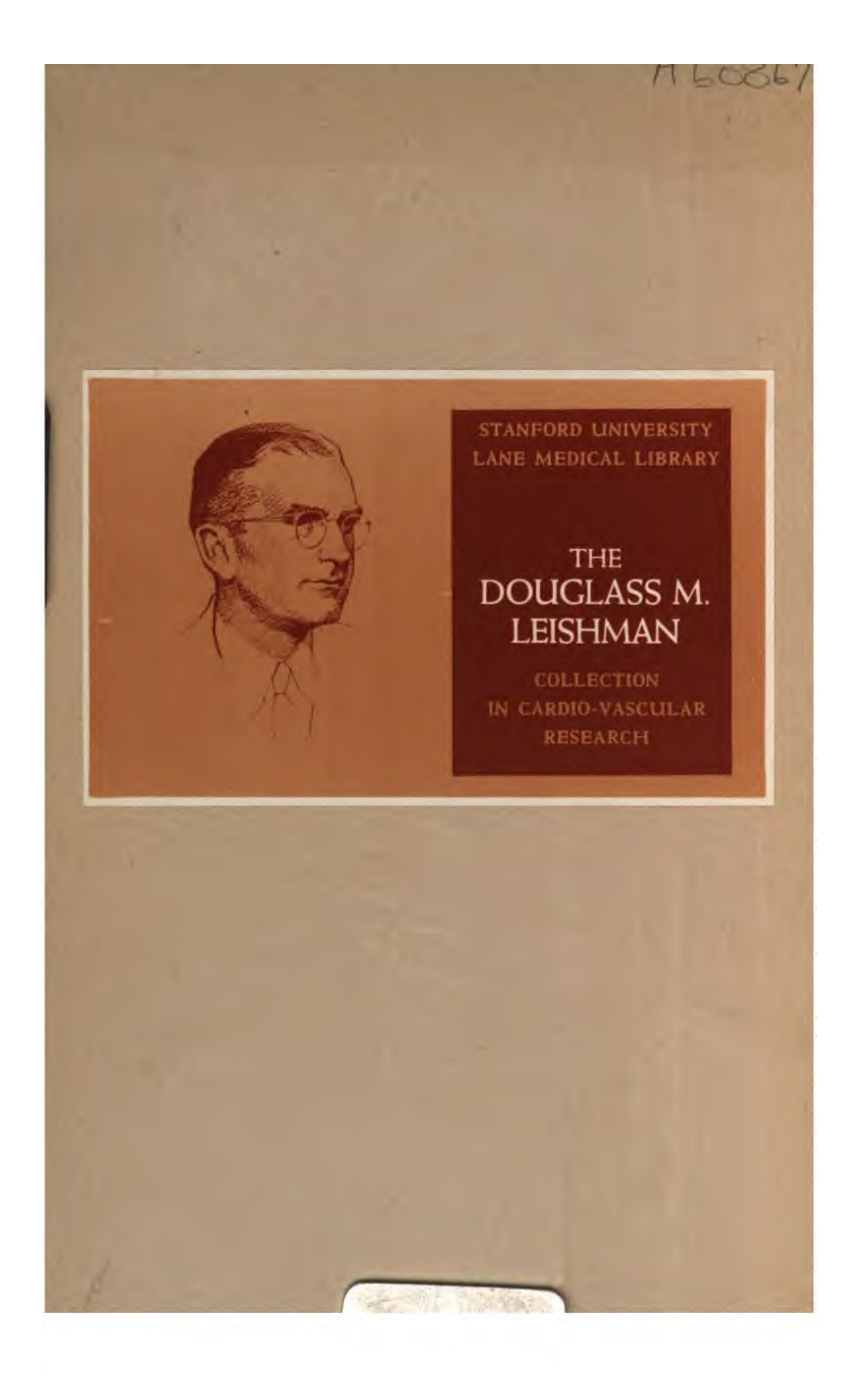

A 60867
STANFORD UNIVERSITY
LANE MEDICAL LIBRARY
THE
DOUGLASS M.
LEISHMAN
COLLECTION
IN CARDIO-VASCULAR
RESEARCH

MIE

RMEN

IE,

SOR DER ZOOLOGI
SCHEN MUSEUMS

1866.

GENERELLE MORPHOLOGIE
DER ORGANISMEN.

ALLGEMEINE GRUNDZÜGE

DER ORGANISCHEN FORMEN-WISSENSCHAFT,

MECHANISCH BEGRÜNDET DURCH DIE VON

CHARLES DARWIN

REFORMIRTE DESCENDENZ-THEORIE,

VON

ERNST HAECKEL.

ERSTER BAND:

ALLGEMEINE ANATOMIE
DER ORGANISMEN.

„E PUR SI MUOVE!"

MIT ZWEI PROMORPHOLOGISCHEN TAFELN.

BERLIN.

DRUCK UND VERLAG VON GEORG REIMER.

1866.

ALLGEMEINE ANATOMIE
DER ORGANISMEN.

KRITISCHE GRUNDZÜGE

DER MECHANISCHEN WISSENSCHAFT

VON DEN ENTWICKELTEN FORMEN

DER ORGANISMEN,

BEGRÜNDET DURCH DIE DESCENDENZ-THEORIE,

VON

ERNST HAECKEL,

DOCTOR DER PHILOSOPHIE UND MEDICIN, ORDENTLICHEM PROFESSOR DER ZOOLOGIE
UND DIRECTOR DES ZOOLOGISCHEN INSTITUTES UND DES ZOOLOGISCHEN MUSEUMS
AN DER UNIVERSITAET JENA.

„E PUR SI MUOVE!"

MIT ZWEI PROMORPHOLOGISCHEN TAFELN.

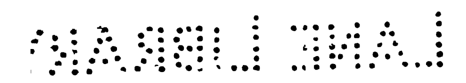
BERLIN.
DRUCK UND VERLAG VON GEORG REIMER.
1866.

„Die Natur schafft ewig neue Gestalten; was da ist, war noch nie; was war, kommt nicht wieder: Alles ist neu, und doch immer das Alte.

„Es ist ein ewiges Leben, Werden und Bewegen in ihr. Sie verwandelt sich ewig, und ist kein Moment Stillstehen in ihr. Für's Bleiben hat sie keinen Begriff, und ihren Fluch hat sie an's Stillstehen gehängt. Sie ist fest: ihr Tritt ist gemessen, ihre Gesetze unwandelbar. Gedacht hat sie und sinnt beständig; aber nicht als ein Mensch, sondern als Natur. Jedem erscheint sie in einer eigenen Gestalt. Sie verbirgt sich in tausend Namen und Termen, und ist immer dieselbe.

„Die Natur hat mich hereingestellt, sie wird mich auch herausführen. Ich vertraue mich ihr. Sie mag mit mir schalten; sie wird ihr Werk nicht hassen. Ich sprach nicht von ihr; nein, was wahr ist und was falsch ist, Alles hat sie gesprochen. Alles ist ihre Schuld, Alles ist ihr Verdienst."

Goethe.



SEINEM THEUREN FREUNDE UND COLLEGEN

CARL GEGENBAUR

WIDMET DIESE

GRUNDZÜGE DER ALLGEMEINEN ANATOMIE

IN TREUER DANKBARKEIT

DER VERFASSER.

An Carl Gegenbaur.

Indem ich den ersten Band der generellen Morphologie Dir, mein theurer Freund, den zweiten Band den drei Begründern der Descendenz-Theorie widme, will ich damit nicht sowohl die besondere Beziehung ausdrücken, welche Du als hervorragender Förderer der Anatomie, jene als Reformatoren der Entwickelungsgeschichte zu den beiden Zweigen der organischen Morphologie einnehmen, als vielmehr meiner dankbaren Verehrung gegen Dich und gegen Jene gleichmässigen Ausdruck geben. Denn wie es mir einerseits als eine Pflicht der Dankbarkeit erschien, durch Dedication der „allgemeinen Entwickelungsgeschichte" an Charles Darwin, Wolfgang Goethe und Jean Lamarck das causale Fundament zu bezeichnen, auf welchem ich meine organische Morphologie errichtet habe, so empfand ich andererseits nicht minder lebhaft das Bedürfniss, durch Widmung der „allgemeinen Anatomie" an Dich, mein treuer Genosse, die Verdienste dankbar anzuerkennen, welche Du um die Förderung meines Unternehmens besitzest.

Um diese Beziehungen in das rechte Licht zu stellen, müsste ich freilich eigentlich eine Geschichte unseres brüderlichen Freundschafts-Bündnisses schreiben, von dem Tage an, als ich Dich 1853 nach Deiner Rückkehr von Messina im Gutenberger Walde bei Würzburg zum ersten Male sah, und Du in mir die Sehnsucht nach den hesperischen Gestaden Siciliens wecktest, die mir sieben Jahre später in den Radiolarien so reiche Früchte tragen sollte. Seit jenem Tage hat ein seltener Parallelismus der Schicksale zwischen uns fester und fester die unauflöslichen Bande geknüpft, welche schon frühzeitig gleiche Empfänglichkeit für den Naturgenuss, gleiche Begeisterung für die Naturwissenschaft, gleiche Liebe für die Naturwahrheit in unseren gleichstrebenden Gemüthern vorbereitet hatte. Du warst es, der mich vor sechs Jahren veranlasste, meine akademische Lehrthätigkeit in unserem geliebten Jena zu beginnen, an der Thüringer Universität im Herzen Deutschlands, welche seit drei Jahrhunderten als das pulsirende Herz deutscher Geistes-Freiheit und deut-

schen Geistes-Kampfes nach allen Richtungen ihre lebendigen Schwingungen fortgepflanzt hat. An dieser Pflanzschule deutscher Philosophie und deutscher Naturwissenschaft, unter dem Schutze eines freien Staatswesens, dessen fürstliche Regenten jederzeit dem freien Worte eine Zufluchtsstätte gewährt, und ihren Namen mit der Reformations-Bewegung, wie mit der Blüthezeit der deutschen Poesie untrennbar verflochten haben, konnte ich mit Dir vereint wirken. Hier haben wir in der glücklichsten Arbeitstheilung unser gemeinsames Wissenschafts-Gebiet bebaut, treu mit einander gelehrt und gelernt, und in denselben Räumen, in welchen Goethe vor einem halben Jahrhundert seine Untersuchungen „zur Morphologie der Organismen" begann, zum Theil noch mit denselben wissenschaftlichen Hülfsmitteln, die von ihm ausgestreuten Keime der vergleichenden und denkenden Naturforschung gepflegt. Wie wir in dem harten Kampfe des Lebens Glück und Unglück brüderlich mit einander getheilt, so haben sich auch unsere wissenschaftlichen Bestrebungen in

so inniger und beständiger Wechselwirkung entwickelt und befestigt, in täglicher Mittheilung und Besprechung so gegenseitig durchdrungen und geläutert, dass es uns wohl Beiden unmöglich sein würde, den speciellen Antheil eines Jeden an unserer geistigen Gütergemeinschaft zu bestimmen. Nur im Allgemeinen kann ich sagen, dass das Wenige, was meine rasche und rastlose Jugend hie und da Dir bieten konnte, nicht in Verhältniss steht zu dem Vielen, was ich von Dir, dem acht Jahre älteren, erfahrneren und reiferen Manne empfangen habe.

So ist denn Vieles, was in dem vorliegenden Werke als meine Leistung erscheint, von Dir geweckt und genährt. Vieles, von dem ich Förderung unserer Wissenschaft hoffe, ist die gemeinsame Frucht des Ideen-Austausches, der uns ebenso daheim in unserer stillen Werkstätte erfreute, wie er uns draussen auf unseren erfrischenden Wanderungen durch die felsigen Schluchten und über die waldigen Höhen des reizenden Saalthales begleitete. Manches dürfte selbst das

Product des erhebenden gemeinsamen Naturgenusses sein, welchen uns die malerischen Formen der Jenenser Muschelkalk-Berge bereiteten, wenn sie im letzten Abendsonnenstrahl uns durch die Farben-Harmonie ihrer purpur-goldigen Felsenflanken und violett-blauen Schlagschatten die entschwundenen Zauberbilder der calabrischen Gebirgskette wieder vor Augen führten.

Es dürfte befremdend erscheinen, einer „mechanischen Morphologie" solche Erinnerungen voranzuschicken. Und dennoch geschieht es mit Fug und Recht. Denn wie jeder Organismus, wie jede Form und jede Function des Organismus, so ist auch das vorliegende Werk weiter Nichts, als das nothwendige Product aus der Wechselwirkung zweier Factoren, der Vererbung und der Anpassung. Wenn dasselbe, wie ich zu hoffen wage, zur weiteren Entwickelung unserer Wissenschaft beitragen sollte, so bin ich weit entfernt, mir dies als mein freies Verdienst anzurechnen. Denn die persönlichen Eigenschaften, welche mir die grosse und schwierige

Aufgabe zu erfassen und durchzuführen erlaubten, habe ich zum grössten Theile durch Vererbung von meinen trefflichen Eltern erhalten. Unter den vielen Anpassungs-Bedingungen aber, welche in Wechselwirkung mit jenen erblichen Functionen das Werk zur Reife brachten, nehmen die angeführten Verhältnisse die erste Stelle ein.

In diesem Sinne, mein theurer Freund, als mein Gesinnungs-Genosse und mein Schicksals-Bruder, als mein akademischer College und mein Wander-Gefährte, nimm die Widmung dieser Zeilen freundlich auf, und lass uns auch fernerhin treu und fest zusammenstehen in dem grossen Kampfe, in welchen uns die Pflicht unseres Berufes treibt, und in welchen das vorliegende Werk entschlossen eingreift — in dem heiligen Kampfe um die Freiheit der Wissenschaft und um die Erkenntniss der Wahrheit in der Natur.

Vorwort.

Von allen Hauptzweigen der Naturwissenschaft ist die Morphologie der Organismen bisher am meisten zurückgeblieben. Der ausserordentlich schnelle und reiche, quantitative Zuwachs an empirischen Kenntnissen, welcher in den letzten Jahrzehnten alle Zweige der Anatomie und Entwickelungsgeschichte zu einer vielbewunderten Höhe getrieben hat, ist in der That nicht mit einer entsprechenden qualitativen Vervollkommnung dieser Wissenschaften gepaart gewesen. Während ihre nicht minder rasch entwickelte Zwillingsschwester, die Physiologie, in den letzten Decennien mit ihrer dualistischen Vergangenheit völlig gebrochen und sich auf den mechanisch-causalen Standpunkt der anorganischen Naturwissenschaften erhoben hat, ist die Morphologie der Organismen noch weit davon entfernt, diesen Standpunkt als den einzig richtigen allgemein anerkannt, geschweige denn erreicht zu haben. Die Frage nach den bewirkenden Ursachen der Erscheinungen, und das Streben nach der Erkenntniss des Gesetzes in denselben, welche dort allgemein die Richt-

schnur aller Untersuchungen bilden, sind hier noch den Meisten unbekannt. Die alten teleologischen und vitalistischen Dogmen, welche aus der Physiologie und Anorganologie jetzt gänzlich verbannt sind, finden wir in der organischen Morphologie nicht allein geduldet, sondern sogar noch herrschend, und allgemein zu Erklärungen benutzt, die in der That keine Erklärungen sind. Die meisten Morphologen begnügen sich sogar mit der blossen Kenntniss der Formen, ohne überhaupt nach ihrer Erklärung zu streben und nach ihren Bildungsgesetzen zu fragen.

So bietet uns denn der gegenwärtige Zustand unserer wissenschaftlichen Bildung das seltsame Schauspiel von zwei völlig getrennten Arten der Naturwissenschaft dar: auf der einen Seite die gesammte Wissenschaft von der anorganischen Natur (Abiologie), und neben ihr die Physiologie der Organismen, auf der anderen Seite allein die Morphologie der Organismen, Entwickelungsgeschichte und Anatomie — jene monistisch, diese dualistisch; jene nach wahren bewirkenden Ursachen, diese nach zweckthätigen Scheingründen suchend; jene mechanisch, diese vitalistisch erklärend. Während die Physiologen in richtiger kritischer Erkenntniss den Organismus als eine nach mechanischen Gesetzen gebaute und wirkende Maschine ansehen und untersuchen, betrachten ihn die Morphologen nach Darwin's treffendem Vergleiche immer noch ebenso, wie die Wilden ein Linienschiff.

Die vorliegenden Grundzüge der „generellen Morphologie der Organismen“ unternehmen zum ersten Male den Versuch, diesen heillosen und grundverkehrten Dualismus aus allen Gebietstheilen der Anatomie und Entwickelungsgeschichte völlig zu verdrängen, und die gesammte Wissenschaft von den entwickelten und von den entstehenden Formen der Or-

ganismen durch mechanisch-causale Begründung auf dieselbe feste Höhe des Monismus zu erheben, in welcher alle übrigen Naturwissenschaften seit längerer oder kürzerer Zeit ihr unerschütterliches Fundament gefunden haben. Der grossen Schwierigkeiten und der vielen Gefahren dieses Unternehmens bin ich mir vollkommen bewusst. Noch stehen alle allgemeinen morphologischen Anschauungen in Zoologie und Botanik unter der Herrschaft eines gelehrten Zunftwesens, welches nur in der scholastischen Gelehrsamkeit des Mittelalters seines Gleichen findet. Dogma und Autorität, wechselseitig zur Unterdrückung jedes freien Gedankens und jeder unmittelbaren Naturerkenntniss verschworen, haben eine doppelte und dreifache chinesische Mauer von Vorurtheilen aller Art rings um die Festung der organischen Morphologie aufgeführt, in welche sich der allerorts verdrängte Wunderglaube jetzt als in seine letzte Citadelle zurückgezogen hat. Dennoch gehen wir siegesgewiss und furchtlos in diesen Kampf. Der Ausgang desselben kann nicht mehr zweifelhaft sein, nachdem Charles Darwin vor sieben Jahren den Schlüssel zu jener Festung gefunden, und durch seine bewundrungswürdige Selections-Theorie die von Wolfgang Goethe und Jean Lamarck aufgestellte Descendenz-Theorie zur siegreichen Eroberungs-Waffe gestaltet hat.

Ein Werk, welches eine so umfassende und schwierige Aufgabe unternimmt, ist nicht das flüchtige Product vorübergehender Gedanken-Bewegungen, sondern das langsam gereifte Resultat langjähriger und inniger Erkenntniss-Mühen, und ich darf wohl sagen, dass viele der hier dargelegten Ansichten mich beschäftigt haben, seit ich überhaupt mit kritischem Bewusstsein in das Wundergebiet der organischen Formen-Welt einzudringen versuchte. Die allgemeinste Streit-

frage der organischen Morphologie, welche gewissermaassen das Feldgeschrei der beiden feindlichen Heere bildet, das Problem von der Constanz oder Transmutation der Species hat mich schon lebhaft interessirt, als ich vor nunmehr zwanzig Jahren, als zwölfjähriger Knabe, zum ersten Male mit leidenschaftlichem Eifer die „guten und schlechten Species" der Brombeeren und Weiden, Rosen und Disteln vergeblich zu bestimmen und zu unterscheiden suchte. Mit heiterer Genugthuung muss ich jetzt der kritischen Beängstigungen gedenken, welche damals mein zweifelsüchtiges Knabengemüth in die schmerzlichste Aufregung versetzten, da ich beständig hin und her schwankte, ob ich (nach Art der meisten sogenannten „guten Systematiker") die „guten" Exemplare allein in das Herbarium aufnehmen und die „schlechten" ausweisen, oder aber durch Aufnahme der letzteren eine vollständige Kette von vermittelnden Uebergangsformen zwischen den „guten Arten" herstellen sollte, welche die Illusion von deren „Güte" vernichteten. Ich beseitigte diesen Zwiespalt damals durch einen Compromiss, welchen ich allen Systematikern zur Nachahmung empfehlen kann: ich legte zwei Herbarien an, ein officielles, welches den theilnehmenden Beschauern alle Arten in „typischen" Exemplaren als grundverschiedene Formen, jede mit ihrer schönen Etikette beklebt, vor Augen führte, und ein geheimes, nur einem vertrauten Freunde zugängliches, in welchem nur die verdächtigen Genera Aufnahme fanden, welche Goethe treffend die „charakterlosen oder liederlichen Geschlechter" genannt hat, „denen man vielleicht kaum Species zuschreiben darf, da sie sich in gränzenlose Varietäten verlieren": *Rubus, Salix, Verbascum, Hieracium, Rosa, Cirsium* etc. Hier zeigten Massen von Individuen, nach Nummern in eine lange Kette geordnet, den un-

mittelbaren Uebergang von einer guten Art zur andern. Es waren die von der Schule verbotenen Früchte der Erkenntniss, an denen ich in stillen Mussestunden mein geheimes, kindisches Vergnügen hatte.

Jene vergeblichen Bemühungen, des eigentlichen Wesens der „Species" habhaft zu werden, leiteten mich seitdem bei allen meinen Formen-Beobachtungen, und als ich später das unschätzbare Glück hatte, in unmittelbarem Verkehr mit meinem unvergesslichen Lehrer Johannes Müller die empirischen Grundlagen und die herrschenden Anschauungen der dualistischen Morphologie nach ihrem ganzen Umfang und Inhalt kennen zu lernen, bildete sich bereits im Stillen jene monistische Opposition aus, welche in dem vorliegenden Werke ihren entschiedenen Ausdruck findet. Nicht wenig trug dazu auch der kritische Einfluss meines hochverehrten Lehrers und Freundes Rudolph Virchow bei, dessen ich hierbei dankbarst erwähnen muss. Als sein Assistent lernte ich in der „Cellular-Pathologie" des menschlichen Organismus jene wunderbare Biegsamkeit und Flüssigkeit, jene erstaunliche Veränderlichkeit und Anpassungsfähigkeit der organischen Formen kennen, welche für deren Verständniss so unendlich wichtig ist, und von der doch nur die wenigsten Morphologen eine ungefähre Idee haben. Man wird nun begreifen, weshalb ich, um mich Bär's Ausdrucks zu bedienen, Darwin's That „mit so jubelndem Entzücken begrüsste, als ob ich von einem Alp, der bisher auf der Kenntniss der Organismen ruhte, mich befreit fühlte". Es fielen mir in der That „die Schuppen von den Augen".

Durch eine Reihe von akademischen Vorträgen, welche sich, abwechselnd über alle einzelnen Gebietstheile der organischen Morphologie, und ausserdem jährlich über das Ge-

sammtgebiet der Zoologie erstreckten, war ich in die glückliche Lage versetzt, die in dem vorliegenden Werke begründeten Anschauungen schon seit längerer Zeit zu einem bestimmten Ausdruck vorbereitet und durch vielfache Betrachtung von allen Seiten mir selbst zu voller Klarheit gebracht zu haben. Gleichzeitig war ich bemüht, durch fortgesetzte specielle Detail-Untersuchungen mir den festen empirischen Boden zu erhalten, ohne welchen jeder generelle Gedanken-Bau nur zu leicht zum speculativen Luftschloss wird. Während so die einzelnen Haupttheile der allgemeinen Anatomie und Entwickelungsgeschichte allmählig und langsam einer gewissen Reife entgegen gingen, wurde dagegen der wagnissvolle Plan, sie zu einem umfassenden, systematisch construirten Lehrgebäude der generellen Morphologie zusammenzufassen, erst vor verhältnissmässig kurzer Zeit in mir zum bestimmten Entschlusse. Innere und äussere Gründe verschiedener Art zwangen mich, die Ausarbeitung des Ganzen schneller und in viel kürzerer Zeit zu vollenden, als ich ursprünglich gewünscht und beabsichtigt hatte. Ein grosser Theil des ersten Bandes war bereits gedruckt, ehe der zweite zum Abschluss gelangte. Ausserdem griffen schmerzliche Schicksale vielfach störend in die Arbeit ein. Diese und andere, hier nicht weiter zu erörternde Hindernisse mögen die mancherlei Nachlässigkeiten in der Form des Ganzen, kleine Ungenauigkeiten im Einzelnen, und mannichfache Wiederholungen entschuldigen, welche der kritische Leser leicht herausfinden wird. So gern ich auch in dieser Beziehung die Arbeit wesentlich verbessert und formell einheitlicher abgerundet hätte, so wollte ich doch deshalb die Herausgabe des Ganzen nicht um Jahre verzögern. Bis dat, qui cito dat! Auch lege ich jenen Mängeln insofern nur untergeordnete Bedeutung bei, als sie

der umfassenden Erkenntniss des grossen Ganzen der organischen Formenwelt, welche das Werk erstrebt, dem allgemeinen Ueberblick über die grossen Bildungsgesetze jenes herrlichen und gewaltigen Gestaltenreichs keinen Eintrag thun.

Was die Form des ganzen Werkes betrifft, so erschien es mir unerlässlich, bei der völligen Zerfahrenheit und Zerrissenheit, dem gänzlichen Mangel an Zusammenhang und Einheit, die auf allen Gebietstheilen der Anatomie und Entwickelungsgeschichte herrschen, die strenge Form eines systematisch geordneten Lehrgebäudes zu wählen. Vorläufig kann allerdings dieser erste Versuch eines solchen weiter Nichts sein, als ein nach einem bestimmten Plan und auf festem Fundament angelegtes Gerüst, ein Fachwerk von Balken, welches statt geschlossener Wände und bewohnbarer Zimmer grösstentheils nur durchbrochenes Zimmerwerk und leere Räume enthält. Mögen andere Naturforscher dieselben ausfüllen und das Ganze zu einem wohnlichen Gebäude gestalten. Mir schien schon viel gewonnen zu sein, wenn nur erst jenes feste Gerüst aufgerichtet, und der Raum zur geordneten und übersichtlichen Aufstellung der massenhaft angehäuften empirischen Schätze gewonnen wäre. Natürlich musste auch die Behandlung und Ausführung der einzelnen Theile sehr ungleich ausfallen, entsprechend dem höchst ungleichmässig entwickelten Zustande unserer Wissenschaft selbst, von welcher viele der wichtigsten und interessantesten Theile, wie namentlich die Genealogie, noch fast unangebaut daliegen. Einzelne Capitel, in denen ich speciellere Studien gemacht hatte, sind eingehender ausgeführt; andere, in denen mir weniger eigenes Material zu Gebote stand, flüchtiger skizzirt. Das siebente und achte Buch dürfen bloss als aphoristische Anhänge gelten, die ich bei der hohen Wichtigkeit der darin

einer berührten Fragen nicht weglassen mochte, deren specielle Ausführung aber, ebenso wie die des sechsten Buches, ich mir für eine andere Arbeit verspare. Dasselbe gilt von der ausgedehnten Uebersicht des natürlichen Systems der Organismen, welche ich als systematische Einleitung in die allgemeine Entwickelungsgeschichte dem zweiten Bande vorangestellt habe. Da dieselbe eine kurze Uebersicht der speciellen Phylogenie giebt, gehört sie eigentlich nicht in die generelle Morphologie der Organismen oder könnte hier nur als specielle Erläuterung des vierundzwanzigsten Capitels ihre Stelle finden. Da jedoch die meisten Zoologen und Botaniker der Gegenwart überhaupt nur ein geringes oder gar kein Interesse für allgemeine und umfassende Fragen haben, sondern lediglich den Cultus des Einzelnen und Speciellen betreiben, so werden dieselben wohl gerade auf diese specielle Anwendung der Descendenz-Theorie das grösste Gewicht legen, und desshalb schien es mir passend, sie dem zweiten Bande voran zu stellen. Sie dient zugleich zur Erläuterung der angehängten genealogischen Tafeln, dem ersten Versuche dieser Art, der hoffentlich bald viele und bessere Nachfolger finden wird. Der Entwurf der organischen Stammbäume, obwohl gegenwärtig noch äusserst schwierig und bedenklich, wird meines Erachtens die wichtigste und interessanteste Aufgabe für die Morphologie der Zukunft bilden.

Besonderer Nachsicht bedarf der botanische Theil meiner Morphologie. Bei der ausserordentlich weit vorgeschrittenen Arbeitstheilung der neuesten Zeit ist die völlige Decentralisation aller biologischen Wissenschaftsgebiete zu dem Grade gediehen, dass es überhaupt nur noch sehr wenige Zoologen und Botaniker im vollen Sinne des Wortes giebt, und statt

dessen auf der einen Seite Mastozoologen, Ornithologen, Malakozoologen, Entomologen, Mycetologen, Phycologen etc., auf der anderen Seite Histologen, Organologen, Embryologen, Palaeontologen etc. Unter diesen Umständen werden alle diese scholastischen, meist mit sehr langen Zöpfen versehenen Zunftgelehrten es für eine überhebliche Anmaassung erklären, dass „ein Einzelner“ es noch wagt, das Ganze der organischen Formenwelt mit einem Blick umfassen zu wollen. Namentlich aber werden die „eigentlichen“ Botaniker entrüstet sein, dass ein Zoologe sich einen Einfall in ihr abgegränztes Gebiet erlaubt. Dass ich dieses Wagniss dennoch unternehme, hat seinen zwiefachen Grund. Einerseits zeigt mir die kühle oder ganz negative Haltung des bei weitem grössten Theiles der Botaniker gegenüber Darwin's Selections-Theorie — diesem wahren Prüfstein aller echten, d. h. denkenden Naturforschung — dass die Pflanzenkunde noch weit mehr als die Thierkunde unter der gedankenlosen Specialkrämerei gelitten hat, welche man als „exacte Empirie“ zu verherrlichen liebt und dass man dort noch weit mehr als hier die grossen und erhabenen Ziele des Wissenschafts-Ganzen, das Bewusstsein ihrer Einheit und Zusammengehörigkeit verloren hat. Andererseits aber ist nach meiner festesten Ueberzeugung für alle fundamentalen Fragen der generellen Morphologie (wie überhaupt der gesammten Biologie), für alle tectologischen und promorphologischen, ontogenetischen und phylogenetischen Probleme, die gegenseitige Ergänzung der Zoologie und Botanik so äusserst werthvoll, ihre innigste Wechselwirkung so unbedingt nothwendig, dass ich durch blosse Beschränkung auf mein zoologisches Fachgebiet mir selbst die beste Quelle des Verständnisses verstopft hätte. Wenn ich in vielen allgemeinen Fragen einen guten Schritt

weiter gekommen bin, so verdanke ich dies wesentlich der Vergleichung der thierischen und pflanzlichen Formen. Zweifelsohne würde der botanische Theil meiner Arbeit viel reichhaltiger und besser ausgefallen sein, wenn mir das Glück der Unterstützung eines Botanikers zu Theil geworden wäre, dessen offenes Auge auf das grosse Ganze der pflanzlichen Formenwelt und ihren genealogischen Causalnexus gerichtet ist. Da es mir aber nur dann und wann auf kurze Stunden gegönnt war, aus dem jugendfrischen und gedankenreichen Wissensquell meines hochverehrten Lehrers, Alexander Braun in Berlin, Belehrung und Rath zu erholen, so blieb ich grösstentheils auf die mangelhafte empirische Grundlage beschränkt, welche ich mir durch leidenschaftliche Zuneigung zur *Scientia amabilis* in früherer Zeit erworben hatte, ehe ich durch den überwiegenden Einfluss von Johannes Müller zur vergleichenden Anatomie der Thiere herübergezogen wurde.

Bei dem höchst unvollkommenen und niedrigen Entwickelungs-Zustande, auf welchem sich die allgemeine Anatomie und Entwickelungsgeschichte noch gegenwärtig befindet, musste der vorliegende Versuch, sie als einheitliches Ganzes zusammenzufassen, mehr eine Sammlung von bestimmt formulirten Problemen, als von bereits gelösten Aufgaben werden. Unter diesen Umständen schien es mir eines der dringendsten Bedürfnisse, besondere Aufmerksamkeit der scharfen Bestimmung und Umschreibung der morphologischen Begriffe zuzuwenden. In Folge der allgemeinen Vernachlässigung der unentbehrlichen philosophischen Grundlagen ist in der gesammten Zoologie und Botanik eine so weitgehende Unklarheit und eine so babylonische Sprachverwirrung eingerissen, dass es oft unmöglich ist, sich ohne weitläufige Um-

schreibungen über die allgemeinsten Grundbegriffe zu verständigen. Ueberall in der Anatomie und Entwickelungsgeschichte ist Ueberfluss an unnützen und Mangel an den unentbehrlichsten Bezeichnungen. Viele der wichtigsten und alltäglich gebrauchten Begriffe wie z. B. Zelle, Organ, regulär, symmetrisch, Embryo, Metamorphose, Species, Verwandtschaft u. s. w. haben gar keine bestimmte Bedeutung mehr, da fast jeder Morphologe, falls er sich überhaupt dabei etwas Bestimmtes denkt, etwas Anderes darunter versteht. In der Botanik und Zoologie, und ebenso in den einzelnen Zweigen dieser Wissenschaften, werden dieselben Objecte mit verschiedenen Namen und ganz verschiedene Objecte mit denselben Namen bezeichnet. Unter diesen Umständen war es unvermeidlich, eine ziemliche Anzahl von neuen Wörtern (dem internationalen Herkommen gemäss aus dem Griechischen gebildet) einzuführen, welche bestimmte und klare Begriffe fest und ausschliesslich bezeichnen sollen.

Die dunkeln Schattenseiten der herrschenden organischen Morphologie habe ich mir erlaubt scharf zu beleuchten und ihre Irrthümer rücksichtslos aufzudecken. Möge man in meiner offenen Sprache nicht eitle Selbstüberhebung oder Verkennung der wirklichen Verdienste Anderer erblicken, sondern lediglich den Ausdruck der festen Ueberzeugung, dass nur durch unumwundene Wahrheit der Fortschritt in der Wissenschaft gefördert werden kann.

Wenn ich auch alle meine Kräfte aufgeboten habe, um diesem ersten systematisch geordneten Versuche einer allgemeinen Anatomie und Entwickelungsgeschichte ein möglichst annehmbares Gewand zu geben, so bin ich mir doch wohl bewusst, dass das Erreichte weit, sehr weit hinter dem Erstrebten zurück geblieben ist. Das Werk soll aber auch nichts Fer-

tiges, sondern nur Werdendes bieten. Handelt es sich ja dc
noch um definitive Sicherstellung des festen Gerüstes jei
erhabenen Lehrgebäudes, welches die organische Morpl
logie der Zukunft ausführen soll. Meine Anstrengungen w
den hinlänglich belohnt sein, wenn sie frische Kräfte zur V
besserung des Gegebenen anregen, und wenn dadurch m
und mehr der Grundgedanke zur Geltung kommt, welcl
ich für die erste und nothwendigste Vorbedingung jedes wi
lichen Fortschritts auf unserm Wissenschafts-Gebiete hal
der Gedanke von der Einheit der gesammten organiscl
und anorganischen Natur, der Gedanke von der allgemeir
Wirksamkeit mechanischer Ursachen in allen erkennbaren I
scheinungen, der Gedanke, dass die entstehenden und
entwickelten Formen der Organismen nichts Anderes si
als das nothwendige Product ausnahmsloser und ewig
Naturgesetze.

Jena, am 14ten September 1866.

Ernst Heinrich Haeckel.

Inhaltsverzeichniss

des ersten Bandes

der generellen Morphologie.

Zweites Buch.

Drittes Buch.

Erster Theil der allgemeinen Anatomie.

Viertes Buch.

Zweiter Theil der allgemeinen Anatomie.

Anhang zum vierten Buche.

Berichtigungen:

Seite 45, Zeile 14 von oben, lies: Zellfusionen — statt: Zellenstöcke.
„ 50, „ 10 von oben, lies: Entwickelungsgeschichte — statt: Morphogenesis.
„ 53, „ 15 von unten, lies: Buche — statt: Abschnitt.
„ 57, „ 1 von oben, lies: fünften — statt: dritten.
„ 57, „ 3 und 6 von oben, lies: Zeugungskreise — statt: Eiproducte.
„ 59, „ 2 von unten, lies: Bionten — statt: Personen.
„ 60, „ 4 von oben, lies: Genealogie statt: Phylogenesis.
„ 137, „ 19 von unten, setze: unmittelbar — vor: zugänglich.
„ 266, „ 7 von unten, streiche: Salpenketten.
„ 411, „ 17 von unten, lies: zwölf — statt: zwanzig.
„ 413, „ 10 von unten, lies: Pyramide — statt: Octaeder.
„ 413, „ 9 von unten, setze: ungleichpolige — vor: Hauptaxe.

Erstes Buch.

Kritische und methodologische Einleitung in die generelle Morphologie der Organismen.

„Wenn wir Naturgegenstände, besonders aber die lebendigen, dergestalt gewahr werden, dass wir uns eine Einsicht in den Zusammenhang ihres Wesens und Wirkens zu verschaffen wünschen, so glauben wir zu einer solchen Kenntniss am besten durch Trennung der Theile gelangen zu können; wie denn auch wirklich dieser Weg uns sehr weit zu führen geeignet ist. Was Chemie und Anatomie zur Ein- und Uebersicht der Natur beigetragen haben, dürfen wir nur mit wenig Worten den Freunden des Wissens in's Gedächtniss zurückrufen.

„Aber diese trennenden Bemühungen, immer und immer fortgesetzt, bringen auch manchen Nachtheil hervor Das Lebendige ist zwar in Elemente zerlegt, aber man kann es aus diesen nicht wieder zusammenstellen und beleben. Dieses gilt schon von vielen anorganischen, geschweige von organischen Körpern.

„Es hat sich daher auch in dem wissenschaftlichen Menschen zu allen Zeiten ein Trieb hervorgethan, die lebendigen Bildungen als solche zu erkennen, ihre äusseren sichtbaren greiflichen Theile im Zusammenhange zu erfassen, sie als Andeutungen des Inneren aufzunehmen, und so das Ganze in der Anschauung gewissermaassen zu beherrschen. Wie nahe dieses wissenschaftliche Verlangen mit dem Kunst- und Nachahmungstriebe zusammenhänge, braucht wohl nicht umständlich ausgeführt zu werden.

„Man findet daher in dem Gange der Kunst, des Wissens und der Wissenschaft mehrere Versuche, eine Lehre zu gründen und auszubilden, welche wir die Morphologie nennen möchten."

Goethe (Jena, 1807).

Erstes Capitel.

Begriff und Aufgabe der Morphologie der Organismen.

„Weil ich für mich und Andere einen freieren Spielraum in der Naturwissenschaft, als man uns bisher gegönnt, zu erringen wünsche, so darf man mir und den Gleichgesinnten keineswegs verargen, wenn wir dasjenige, was unseren rechtmässigen Forderungen entgegensteht, scharf bezeichnen und uns nicht mehr gefallen lassen, was man seit so vielen Jahren herkömmlich gegen uns verübte."
Goethe.

Die Morphologie oder Formenlehre der Organismen ist die gesammte Wissenschaft von den inneren und äusseren Formenverhältnissen der belebten Naturkörper, der Thiere und Pflanzen, im weitesten Sinne des Wortes. Die Aufgabe der organischen Morphologie ist mithin die Erkenntniss und die Erklärung dieser Formenverhältnisse, d. h. die Zurückführung ihrer Erscheinung auf bestimmte Naturgesetze.

Wenn die Morphologie ihre eigentliche Aufgabe erkennt und eine Wissenschaft sein will, so darf sie sich nicht begnügen mit der Kenntniss der Formen, sondern sie muss ihre Erkenntniss und ihre Erklärung erstreben, sie muss nach den Gesetzen suchen, nach denen die Formen gebildet sind. Es muss diese hohe Aufgabe unserer Wissenschaft desshalb hier gleich beim Eintritt in dieselbe ausdrücklich hervorgehoben werden, weil eine entgegengesetzte irrige Ansicht von derselben weit verbreitet, ja selbst heutzutage noch die bei weitem vorherrschende ist. Die grosse Mehrzahl der Naturforscher, welche sich mit den Formen der Organismen beschäftigen, Zoologen sowohl, als Botaniker, begnügt sich mit der blossen Kenntniss derselben; sie sucht die unendlich mannichfaltigen Formen, die äusseren und inneren Gestaltungs-Verhältnisse der thierischen und pflanzlichen Körper auf und ergötzt sich an ihrer Schönheit, bewundert ihre Mannichfaltigkeit und erstaunt über ihre Zweckmässigkeit; sie beschreibt und unter-

scheidet alle einzelnen Formen, belegt jede mit einem besonderen Namen und findet in deren systematischer Anordnung ihr höchstes Ziel.

Diese Kenntniss der organischen Formen gilt leider noch heute in den weitesten Kreisen als wissenschaftliche Morphologie der Organismen. Man verachtet und verspottet zwar die früher fast ausschliesslich herrschende oberflächliche Systematik, welche sich mit der blossen Kenntniss der äusseren Formenverhältnisse der Thiere und Pflanzen und mit deren systematischer Classification begnügte. Man vergisst dabei aber ganz, dass die gegenwärtig die meisten Zoologen und Botaniker beschäftigende Kenntniss der inneren Formenverhältnisse an sich betrachtet nicht um ein Haar höher steht, und ebenso wenig an und für sich auf den Rang einer erkennenden Wissenschaft Anspruch machen kann. Die anatomischen und histologischen Darstellungen einzelner Theile von Thieren und Pflanzen, sowie die anatomisch-histologischen Monographieen einzelner Formen, welche sich in unseren zoologischen und botanischen Zeitschriften von Jahr zu Jahr immer massenhafter anhäufen und in deren Production von den Meisten das eigentliche Ziel der morphologischen Wissenschaft gesucht wird, sind für diese von ebenso untergeordnetem Werthe, als die im vorigen Jahrhundert vorherrschenden Beschreibungen und Classificationen der äusseren Species-Formen. Die Zootomie und die Phytotomie sind an sich so wenig wirkliche Wissenschaften, als die von ihnen so verachtete, sogenannte Systematik; sie haben, wie diese, bloss den Rang einer unterhaltenden Gemüths- und Augen-Ergötzung. Alle Kenntnisse, die wir auf diesem Wege erlangen, sind nichts als Bausteine, aus deren Verbindung das Gebäude unserer Wissenschaft erst aufgerichtet werden soll.

Indem sich nun die grosse Mehrzahl der sogenannten Zoologen und Botaniker mit dem Aufsuchen, Ausgraben und Herbeischleppen dieser Bausteine begnügt, und in dem Wahne lebt, dass diese Kunst die eigentliche Wissenschaft sei, indem sie das Kennen mit dem Erkennen verwechselt, kann es uns nicht Wunder nehmen, wenn der Bau unseres wissenschaftlichen Lehrgebäudes selbst noch unendlich hinter den bescheidensten Anforderungen unserer heutigen Bildung zurück ist. Der denkenden Baumeister sind nur wenige, und diese wenigen stehen so vereinzelt, dass sie unter der Masse der Handlanger verschwinden und nicht von den letzteren verstanden werden.

So gleicht denn leider die wissenschaftliche Morphologie der Organismen heutzutage mehr einem grossen wüsten Steinhaufen, als einem bewohnbaren Gebäude. Und dieser Steinhaufen wird niemals dadurch ein Gebäude, dass man alle einzelnen Steine inwendig und auswendig untersucht und mikroskopirt, beschreibt und abbildet, benennt und dann wieder hinwirft. Wir kennen zwar die üblichen Phrasen von den riesenhaften Fortschritten der organischen Naturwissenschaften, und

der Morphologie insbesondere; die Selbstbewunderung, mit der man die quantitative Vermehrung unserer zoologischen und botanischen Kenntnisse alljährlich anstaunt. Wo aber, fragen wir, bleibt die denkende und erkennende Verwerthung dieser Kenntnisse? Wo bleibt der qualitative Fortschritt in der Erkenntniss? Wo bleibt das erklärende Licht in dem dunklen Chaos der Gestalten? Wo bleiben die morphologischen Naturgesetze? Wir müssen offen gestehen, in diesem rein quantitativen Zuwachs mehr Ballast, als Nutzen zu sehen. Der Steinhaufen wird nicht dadurch zum Gebäude, dass er alle Jahr um so und so viel höher wird. Im Gegentheil, es wird nur schwieriger, sich in demselben zurechtzufinden, und die Ausführung des Baues wird dadurch nur in immer weitere Ferne gerückt.

Nicht mit Unrecht erhebt die heutige Physiologie stolz ihr Haupt über ihre Schwester, die armselige Morphologie. So lange die letztere nicht nach der Erklärung der Formen, nach der Erkenntniss ihrer Bildungsgesetze strebt, ist sie dieser Verachtung werth. Zwar möchte sie dann wenigstens auf den Rang einer descriptiven Wissenschaft Anspruch machen. Indessen ist diese Bezeichnung selbst ihr nicht zu gewähren. Denn eine bloss beschreibende Wissenschaft ist eine Contradictio in adjecto. Nur dadurch, dass der gesetzmässige Zusammenhang in der Fülle der einzelnen Erscheinungen gefunden wird, nur dadurch erhebt sich die Kunst der Formbeschreibung zur Wissenschaft der Formerkenntniss.

Wenn wir nun nach den Gründen fragen, warum die wissenschaftliche Morphologie noch so unendlich zurück ist, warum noch kaum die ersten Grundlinien dieses grossen und herrlichen Gebäudes gelegt sind, warum der grosse Steinhaufen noch roh und ungeordnet ausserhalb dieser Grundlinien liegt, so finden wir freilich die rechtfertigende Antwort theilweis in der ausserordentlichen Schwierigkeit der Aufgabe. Denn die wissenschaftliche Morphologie der Organismen ist vielleicht von allen Naturwissenschaften die schwierigste und unzugänglichste. Wohl in keiner andern Naturwissenschaft steht die reiche Fülle der Erscheinungen in einem solchen Missverhältnisse zu unseren dürftigen Mitteln, sie zu erklären, ihre Gesetzmässigkeit zu erkennen und zu begründen. Das Zusammenwirken der verschiedensten Zweige der Naturwissenschaft, welches z. B. die Physiologie in dem letzten Decennium auf eine so ansehnliche Höhe erhoben hat, kommt der Morphologie nur in äusserst geringem Maasse zu statten. Und die untrügliche mathematische Sicherheit der messenden und rechnenden Methode, welche die Morphologie der anorganischen Naturkörper, die Krystallographie, auf einen so hohen Grad der Vollendung erhoben hat, ist in der Morphologie der Organismen fast nirgends anwendbar.

Zum grossen Theil aber liegt der höchst unvollkommene Zustand-

unserer heutigen Morphologie der Organismen auch an dem unwissenschaftlichen Verfahren der Morphologen, welches wir in den obigen Sätzen bei weitem noch nicht so scharf gerügt haben, wie es gerügt zu werden verdiente. Vor Allem ist es die übermässige Vernachlässigung strenger Denkthätigkeit, der fast allgemeine Mangel an wirklich vergleichender und denkender Naturbetrachtung, dem wir hier den grössten Theil der Schuld beimessen müssen. Freilich ist es unendlich viel bequemer, irgend eine der unzähligen Thier- und Pflanzen-Formen herzunehmen, sie mit den ausgebildeten anatomischen und mikroskopischen Hülfsmitteln der Neuzeit eingehend zu untersuchen, und die gefundenen Formenverhältnisse ausführlich zu beschreiben und abzubilden; freilich ist es unendlich viel bequemer und wohlfeiler solche sogenannte „Entdeckungen" zu machen, als durch methodische Vergleichung, durch angestrengtes Denken das Verständniss der beobachteten Form zu gewinnen und die Gesetzmässigkeit der Form-Erscheinung nachzuweisen. Insbesondere in den letzten acht Jahren, seit dem allzufrühen und nicht genug zu beklagenden Tode von Johannes Müller (1858), dessen gewaltige Autorität bei seinen Lebzeiten noch einigermaassen strenge Ordnung auf dem weiten Gebiete der organischen Morphologie aufrecht zu erhalten wusste, ist eine fortschreitende Verwilderung und allgemeine Anarchie auf demselben eingerissen, so dass jede strenge Vergleichung der quantitativ so bedeutend wachsenden jährlichen Leistungen einen eben so jährlich beschleunigten qualitativen Rückschritt nachweist. In der That nimmt die denkende Betrachtung der organischen Formen heutzutage in demselben Verhältnisse alljährlich ab, als die gedankenlose Production des Rohmaterials zunimmt. Sehr richtig sprach in dieser Beziehung schon Victor Carus vor nunmehr 13 Jahren die freilich wenig beherzigten Worte: „Wie es für unsere Zeit charakteristisch ist, dass fast alle Wissenschaften sich in endlose Specialitäten verlieren und nur selten zu dem rothen Faden ihrer Entwickelung zurückkommen, so scheut man sich auch in der Biologie (und ganz vorzüglich in der Morphologie!) vor Anwendung selbst der ungefährlichsten Denkprocesse."

Neben der fast allgemein herrschenden Denkträgheit ist es freilich auch sehr oft die höchst mangelhafte allgemeine Bildung, der Mangel an philosophischer Vorbildung und an Ueberblick der gesammten Naturwissenschaft, welcher den Morphologen unserer Tage den Gesichtskreis so verengt, dass sie das Ziel ihrer eigenen Wissenschaft nicht mehr sehen können. Die grosse Mehrzahl der heutigen Morphologen, und zwar sowohl der sogenannten „Systematiker," welche die äusseren Formen, als der sogenannten „vergleichenden Anatomen," welche den inneren Bau der Organismen beschreiben (ohne ihn zu vergleichen, und ohne über den Gegenstand überhaupt ernstlich nach-

zudenken!) hat das hohe und so weit entfernte Ziel unserer Wissenschaft völlig aus den Augen verloren. Sie begnügen sich damit, die organischen Formen (gleichgültig ob die äussere Gestalt oder den inneren Bau) ohne sich bestimmte Fragen vorzulegen, oberflächlich zu untersuchen und in dicken papierreichen und gedankenleeren Büchern weitläufig zu beschreiben und abzubilden. Wenn dieser ganz unnütze Ballast in den Jahrbüchern der Morphologie aufgeführt und bewundert wird, haben sie ihr Ziel erreicht.

Wir erlauben uns diesen traurigen Zustand hier rücksichtslos und scharf hervorzuheben, weil wir von der Ueberzeugung durchdrungen sind, dass nur durch die Erkenntniss desselben und durch die offene Beleuchtung des dunkeln Chaos, welches die sogenannte Morphologie gegenwärtig darstellt, eine bessere Behandlung derselben, eine wirklich fördernde Erkenntniss der Gestalten angebahnt werden kann. Erst wenn man allgemein danach streben wird, den gesetzmässigen Zusammenhang in den endlosen Reihen der einzelnen Gestalt-Erscheinungen aufzufinden, wird es möglich werden, an das grosse und gewaltige Gebäude der Morphologie selbst construirend heranzutreten. Erst wenn die Kenntniss der Formen sich zur Erkenntniss, wenn die Betrachtung der Gestalten sich zur Erklärung erheben wird, erst wenn aus dem bunten Chaos der Gestalten sich die Gesetze ihrer Bildung entwickeln werden, erst dann wird die niedere Kunst der Morphographie sich in die erhabene Wissenschaft der Morphologie verwandeln können.

Man wird uns von vielen Seiten entgegnen, dass die Zeit dafür noch nicht gekommen, dass unsere empirische Basis hierzu noch nicht genug breit, unsere Naturanschauung noch nicht genug reif, unsere Kenntniss der organischen Gestalten noch viel zu unvollkommen sei. Dieser selbst von hervorragenden Morphologen getheilten Anschauung müssen wir auf das Entschiedenste entgegentreten. Niemals wird ein so hohes und fernes Ziel, wie das der wissenschaftlichen Morphologie ist, erreicht werden, wenn man dasselbe nicht stets im Auge behält. Will man mit der Construction des Gebäudes, mit der Aufsuchung von allgemeinen Gestaltungs-Gesetzen warten, bis wir alle existirenden Formen kennen, so werden wir niemals damit fertig werden; ja wir werden niemals auch nur zum Fundament einer wissenschaftlichen Formenlehre gelangen. Des Ausbaues und der Verbesserung bedürftig wird das Gebäude ewig bleiben; das hindert aber nicht, dass wir uns wohnlich darin einrichten, und dass wir uns der Gesetzmässigkeit der Gestalten erfreuen, auch wenn wir wissen, dass unsere Erkenntniss derselben eine beschränkte ist.

Zweites Capitel.

Verhältniss der Morphologie zu den anderen Naturwissenschaften.

„Eine höchst wichtige Betrachtung in der Geschichte der Wissenschaft ist die, dass sich aus den ersten Anfängen einer Entdeckung Manches in den Gang des Wissens heran- und durchzieht, welches den Fortschritt hindert, sogar öfters lähmt. So hat auch jeder Weg, durch den wir zu einer neuen Entdeckung gelangen, Einfluss auf Ansicht und Theorie. Was würden wir von einem Architecten sagen, der durch eine Seitenthüre in einen Palast gekommen wäre, und nun, bei Beschreibung und Darstellung eines solchen Gebäudes, Alles auf diese erste untergeordnete Seite beziehen wollte? Und doch geschieht dies in den Wissenschaften jeden Tag." Goethe.

I. Morphologie und Biologie.

Den Begriff der Morphologie der Organismen haben wir im ersten Capitel dahin bestimmt, dass dieselbe die gesammte Wissenschaft von den inneren und äusseren Formenverhältnissen der belebten Naturkörper ist; wir haben ihr die Aufgabe gesteckt, diese Formen-Verhältnisse zu erklären und auf bestimmte Naturgesetze zurückzuführen. Wir haben nun zunächst den Umfang und Inhalt jenes Begriffs noch näher zu erläutern, indem wir das Verhältniss der Morphologie zu den anderen Naturwissenschaften ins Auge fassen.

Indem die Morphologie der Organismen die Bildungs-Gesetze der thierischen und pflanzlichen Formen untersucht, bildet sie einen Theil der Biologie oder Lebenswissenschaft, wenn wir unter diesem Namen, wie es neuerdings geschieht, die gesammte Wissenschaft von den Organismen oder belebten Naturkörpern unseres Erdballs zusammenfassen.[1]) Gewöhnlich wird die Morphologie als der eine der beiden

---

[1]) Indem wir den Begriff der Biologie auf diesen umfassendsten und weitesten Umfang ausdehnen, schliessen wir den engen und beschränkten Sinn aus, in welchem man häufig (insbesondere in der Entomologie) die Biologie mit der Oecologie verwechselt, mit der Wissenschaft von der Oeconomie, von der Lebensweise, von den äusseren Lebensbeziehungen der Organismen zu einander etc.

Haupttheile der Biologie betrachtet und ihr als zweiter Haupttheil der letzteren die Physiologie als die Wissenschaft von den Leistungen der Organismen gegenüber gestellt. Morphologie und Physiologie sind demnach als zwei coordinirte Disciplinen der allumfassenden Biologie untergeordnet. Da jedoch in dieser Beziehung sich sehr verschiedene Auffassungen geltend machen, und da sowohl das Verhältniss der Morphologie zur Biologie als dasjenige zur Physiologie vielfach verkannt wird, so erscheint es nothwendig dieses Verhältniss in nähere Erwägung zu ziehen und namentlich den Gebietsumfang der beiden coordinirten Wissenschaften scharf von einander abzugrenzen.

Wir schicken voraus, dass dieser Versuch, wie jede ähnliche systematisirende Bestimmung, nur einen bedingten Werth hat, indem es niemals möglich ist, die einzelnen Wissensgebiete vollkommen scharf von einander abzugrenzen. Vielmehr greifen dieselben, der Natur der Dinge gemäss, überall so vielfältig in einander über, dass die Grenzbestimmung der einzelnen Lehrgebiete immer mehr oder weniger dem subjectiven Gutdünken des philosophischen Naturforschers überlassen bleiben muss. Ferner bedingt der beständige Fortschritt aller Wissenschaften, die ungleich schnelle Entwickelung und ungleich hohe Ausbildung der einzelnen Disciplinen, der jeweilige Grad des herrschenden Interesses für die eine oder die andere, dass der Umfang der einzelnen Wissensgebiete ebenso wie ihr Inhalt einer beständigen Veränderung unterworfen ist. Auch sind ja die Gesichtspunkte der einzelnen Zeiten ebenso wie diejenigen der einzelnen Philosophen verschieden, und mit der fortschreitenden Erkenntniss, mit der sich entwickelnden Denkweise ändert sich zugleich die Sprache und ändern sich deren Begriffe.

Wir würden daher diese schwierigen allgemeinen Fragen gerne umgehen, wenn es nicht für eine klare Auffassung unserer eigenen Aufgabe nothwendig erschiene, den Umfang unseres morphologischen Forschungs-Gebiets scharf abzugrenzen und die grosse Verwirrung der Begriffe, welche hier herrscht, zu lichten. Schon die ganz verschiedene Bedeutung, welche selbst den Begriffen der Morphologie, Physiologie und Biologie zu verschiedenen Zeiten und von verschiedenen Seiten der Jetztzeit (z. B. von den sehr verschiedenen Richtungen und Schulen in der Zoologie und Botanik) beigelegt worden ist, zwingt uns zu dieser Erörterung. Wollen wir zu einer festen Begriffsbestimmung dieser Wissenschaften gelangen, so ist es aber nöthig, von den allgemeinsten Kategorieen der naturwissenschaftlichen Disciplinen auszugehen. Zunächst ist hier das Verhältniss der Biologie zur Anorganologie, demnächst das Verhältniss der gesammten Morphologie zur Physik und Chemie besonders zu berücksichtigen, und der Begriff dieser Wissenschaften seinem Umfang und Inhalt nach festzustellen. Denn wir müssen

gleichzeitig die Morphologie der unorganischen und der organischen Naturkörper vergleichend ins Auge fassen, um die Stellung zu bestimmen, welche die Morphologie der Organismen unter, neben und über den benachbarten Naturwissenschaften einnimmt.

II. Morphologie und Physik.

(Statik und Dynamik.)

Wenn wir als Eintheilungsprincip der gesammten Naturwissenschaft die Anwesenheit oder den Mangel derjenigen eigenthümlichen Bewegungserscheinungen eines Theils der Naturkörper anwenden, welche man unter dem Begriffe des „Lebens“ zusammenfasst, so müssen wir die Gesammtwissenschaft von den Naturkörpern unserer Erde eintheilen in die beiden Hauptzweige der Biologie und der Abiologie. Die Biologie oder Organismen-Lehre ist die Gesammtwissenschaft von den Organismen, oder den sogenannten „belebten“ Naturkörpern, Thieren, Protisten und Pflanzen. Die Abiologie oder Anorganologie, die Anorganen-Lehre, ist die Gesammtwissenschaft von den Anorganismen (Abien) oder den sogenannten „leblosen“ Naturkörpern, Mineralien, Wasser, atmosphärischer Luft etc.[1]) Wie diese beiden Hauptzweige der irdischen Naturwissenschaft,[2]) welche ihren gesammten Inhalt bilden, Biologie und Abiologie, sich coordinirt gegenüber stehen, so werden wir auch zwischen den ihnen subordinirten Disciplinen eine Parallele herstellen können, welche uns für die Werthschätzung und Rangordnung der einzelnen Zweige einen schätzenswerthen Maassstab liefert.

Wenn wir dagegen von den charaktistischen Lebenserscheinungen, welche die Organismen auszeichnen und von den Anorganen unterscheiden, zunächst absehen, so können wir an jedem Naturkörper drei verschiedene Qualitäten unterscheiden, nämlich 1, den Stoff oder die Materie; 2, die Form oder die Morphe; 3, die Kraft oder die Function. Hieraus würden sich als die drei Hauptzweige der Naturwissenschaft folgende drei Disciplinen ergeben: 1, die Stofflehre oder Chemie; 2, die Formlehre oder Morphologie (im weitesten Sinne des Worts); 3, die Kraftlehre oder Physik.

Die gesammte Natur, organische und anorganische, erkennen wir

---

[1]) Gewöhnlich wird der Biologie als coordinirter anderer Hauptzweig der Naturwissenschaft die Mineralogie gegenübergestellt, welche jedoch nur die Wissenschaft von den festen (nicht von den tropfbar flüssigen und gasförmigen) leblosen Naturkörpern umfasst.

[2]) Von der Kosmologie, der Wissenschaft von den gesammten Weltkörpern, sehen wir hier ganz ab und beschränken uns auf die Betrachtung der irdischen Naturkörper.

als ein System von bewegenden Kräften, welche der Materie inhäriren und von dieser nicht trennbar sind. Wir kennen keine Kraft ohne Materie, ohne materielles Substrat, und keine Materie ohne Kraft, ohne Function. Die Gesammtheit der Functionen eines Theils der Materie oder eines Naturkörpers ist nichts Anderes, als die Gesammtheit der Bewegungs-Erscheinungen, welche an demselben als Resultanten auftreten aus seinen eigenen Kräften und den Kräften derjenigen anderen Naturkörper oder Theile der Materie, welche mit ihm in Wechselwirkung treten.

Da die gesammte Natur nichts Anderes als ein System von bewegenden Kräften ist, so folgt hieraus, dass wirkliche Ruhe nirgends existirt und dass da, wo scheinbare Ruhe in einem Theile der Materie vorhanden ist, diese bloss die Resultante aus der Wechselwirkung der verschiedenen bewegenden Kräfte ist, die in diesem Theile der Materie zusammentreffen und sich das Gleichgewicht halten. Sobald das Gleichgewicht aufhört, sobald eine der bewegenden Kräfte über die Andern das Uebergewicht gewinnt, tritt die Bewegung als solche wieder in die Erscheinung. Man kann demgemäss jeden Naturkörper entweder im Zustande des Gleichgewichts der bewegenden Kräfte, d. h. im Momente der Ruhe, oder im Zustande der Bewegung, d. h. im Momente des Uebergewichts einer oder mehrerer der bewegenden Kräfte untersuchen. Hierauf beruht die Eintheilung der gesammten Naturwissenschaft in eine statische und in eine dynamische. Die Statik oder Gleichgewichtslehre will die Gesetze erkennen, unter denen das Gleichgewicht der Bewegungen zu Stande kommt und untersucht das Resultat dieses Gleichgewichts. Die Dynamik oder Bewegungslehre dagegen untersucht die Gesetze der Bewegungen, welche in die Erscheinung treten, sobald das Gleichgewicht aller der Materie inhärirenden Kräfte durch das Uebergewicht einer oder mehrerer derselben vernichtet wird, und sucht das Resultat dieses Uebergewichts zu erklären.

Setzen wir nun die Materie der Naturkörper als das ursprünglich Gegebene voraus und suchen das Verhältniss der Form der Materie zu den beständig in ihr thätigen bewegenden Kräften mit Rücksicht auf die eben gegebenen Erläuterungen näher zu bestimmen, so wird uns sofort klar, dass die jeweilige Form der Materie nichts Anderes ist, als das in die Erscheinung tretende Resultat des Gleichgewichts aller bewegenden Kräfte in einem bestimmten Momente. Die Formenlehre oder Morphologie der Naturkörper im weitesten Sinne des Wortes ist mithin die Statik der Materie.

Wenn nun nach dieser Ableitung die Form als die Materie im Zustande des Gleichgewichts ihrer bewegenden Kräfte zu definiren ist, so erscheint sie streng genommen selbst schon als das

Resultat einer Function der Materie. Wir müssen daher, wollen wir die übliche Antithese von Form und Function festhalten, die Leistung, Kraft oder Function bestimmen als die Materie im Zustande der Bewegung, welche durch das Uebergewicht einer oder mehrerer ihrer bewegenden Kräfte über die anderen entsteht. Die Wissenschaft von den Leistungen oder Functionen, welche wir oben als Kraftlehre oder Physik bezeichnet haben, würde dann wesentlich die Dynamik der Materie sein.

Wenn wir von diesem Gesichtspunkte aus die Gesammtwissenschaft von den irdischen Naturkörpern eintheilen, wenn wir also von den eigenthümlichen „Lebenserscheinungen" ganz absehen und als Eintheilungsprincip lediglich die Anwesenheit oder den Mangel des Gleichgewichts der der Materie inhärirenden Kräfte betrachten, so spaltet sich die gesammte Naturwissenschaft in die beiden coordinirten Hauptzweige der Formenlehre oder Gleichgewichtslehre (Morphologie, Statik) und der Functionslehre oder Bewegungslehre (Physik, Dynamik).

III. Morphologie und Chemie.

Von der so eben begründeten Anschauungsweise wird die Materie selbst als gegeben und bekannt vorausgesetzt, und es wird mithin die Chemie oder Stofflehre, welche wir oben als die erste von den drei Fundamental-Wissenschaften aufgeführt haben, nicht mit in Betracht gezogen. Es entsteht nun aber die Frage, welche Stellung die Chemie den beiden coordinirten Zweigen der Statik oder Morphologie und der Dynamik oder Physik gegenüber eigentlich einnimmt. Die Beantwortung dieser Frage ist für uns desshalb von grosser Wichtigkeit, weil auch ein Theil der Chemie als zur Morphologie der Organismen gehörig beansprucht worden ist. Offenbar liegen hier drei Möglichkeiten vor: Entweder ist die Chemie der beiden coordinirten Disciplinen, der Dynamik (Physik) und der Statik (Morphologie) übergeordnet, oder sie ist ihnen als dritter gleichwerthiger Zweig beigeordnet, oder sie ist ihnen beiden oder einer von ihnen untergeordnet. Jede dieser drei möglichen Auffassungen lässt sich von ihrem eigenthümlichen und besonderen Standpunkte aus rechtfertigen.

I. Im ersten Falle, wenn man, wie es von mehreren Seiten, namentlich von manchen Physiologen geschieht, Statik und Dynamik als die beiden coordinirten Hauptzweige der Naturwissenschaft auffasst, welche der Stofflehre untergeordnet sind und ihren Inhalt bilden, erscheint die Chemie im allgemeinsten Sinne, als die allumfassende Naturwissenschaft selbst, als die einzige Fundamentalwissenschaft, welche alle übrigen in sich begreift. Diese Auffassung lässt sich damit rechtfertigen, dass die Kenntniss des Stoffs der Untersuchung aller Formen, aller Bewegungserscheinungen vorausgehen muss, dass in der That alle

Formen nur Erscheinungsweisen, Functionen des Stoffs, und zwar Gleichgewichtszustände der Materie sind, und dass andererseits alle die Functionen oder Kräfte, welche als Bewegungen in die Erscheinung treten, ebenso unmittelbar durch die Materie selbst bedingt sind, und von der Materie ausgehen. Da wir es hier nur mit Naturkörpern zu thun haben, welche den Raum erfüllen, und nicht mit den stofflosen Körpern der Mathematik, und da wir Naturkörper ohne Materie nicht kennen, so muss die Materie dieser Körper als gegeben voraus gesetzt werden, wenn wir ihre Formen und ihre Kräfte oder Leistungen untersuchen wollen. Von diesem Standpunkte aus (dem „materialistischen“ im strengsten Sinne) ist die Chemie die allumfassende Naturwissenschaft, und Morphologie und Physik sind ihre beiden nächstuntergeordneten Hauptzweige.

II. Im zweiten Falle, wenn man, wie es gewöhnlich geschieht, Chemie, Physik (Dynamik) und Morphologie (Statik) als die drei coordinirten Hauptzweige der Naturwissenschaft auffasst, erscheint keiner der drei Begriffe hinsichtlich seines Umfangs vor den anderen beiden bevorzugt, und ihnen übergeordnet. Diese Anschauungsweise lässt sich damit begründen, dass, wie wir oben bereits gezeigt haben, zunächst bei der einfachsten Betrachtung jedes Naturkörpers Stoff, Form und Kraft als die drei allgemeinsten Grund-Eigenschaften desselben uns entgegentreten, welche gleichen Anspruch auf eine gesonderte und unabhängige wissenschaftliche Behandlung machen können. Dieser Forderung entspricht z. B. die gewöhnliche Untersuchungsweise und Vertheilung des Lehrstoffs in der Abiologie, indem meistens die Naturwissenschaft von den Anorganen in die drei coordinirten Lehrzweige der (anorganischen) Chemie, der Physik (im engeren Sinne) und der Mineralogie (im weitesten Sinne) gespalten wird. Wollte man dieselbe Eintheilung auch in der Biologie scharf durchführen (was aber niemals geschieht), so würde man als drei coordinirte Zweige derselben erhalten: 1. die Chemie der Organismen (organische Chemie im weitesten Sinne); 2. die (rein physikalische) Physiologie (Dynamik der Organismen); 3. die Morphologie der Organismen. Doch lässt sich die gegenseitige Abgrenzung der Gebiete der Chemie, Physik und Morphologie als drei coordinirter Disciplinen weder in dem Bereiche der organischen, noch der unorganischen Naturwissenschaft so scharf thatsächlich durchführen, als diese Begriffsbestimmung es erfordert.

III. Im dritten Falle, wenn man, wie es von Seiten vieler Biologen geschieht, die Chemie als eine Hülfswissenschaft betrachtet, und ihr einen Platz weder über, noch neben den beiden anderen Disciplinen der Statik und Dynamik gönnt, muss die Chemie den letzteren untergeordnet erscheinen, und es fragt sich dann nur, ob sie Beiden, oder

ob sie einer von Beiden, — und im letzteren Falle, welcher von Beiden sie subordinirt ist.

Thatsächlich machen sich hier nun sehr verschiedenartige Auffassungen geltend. In der Biologie wird gewöhnlich, ja fast immer, die Chemie der Organismen als ein Theil der organischen Functionslehre, der Physiologie betrachtet; und die übliche Definition der Physiologie bestimmt sie als die „Physik und Chemie der Organismen.“ In physiologischen Lehrbüchern und Lehrvorträgen spielt die Chemie eine eben so hervorragende Rolle, als die Physik. Dagegen wird die organische Chemie von der Morphologie nur selten, oder nur ganz beiläufig als eine innerhalb ihres Umfanges stehende Hülfswissenschaft in Anspruch genommen. Ganz anders gestaltet sich dagegen die Stellung der Chemie in der Abiologie, indem hier, wie erwähnt, gewöhnlich Chemie, Physik und Morphologie (Krystallographie etc.) als coordinirte Disciplinen auftreten. Freilich lässt sich hier auch die Chemie als ein Inhaltstheil der Physik betrachten, indem man dieselbe als eine „Physik der Atome“ auffasst. Die Beurtheilung dieses Verhältnisses wird verschieden ausfallen, je nachdem man den herrschenden atomistischen oder den entgegengesetzten dynamischen Ansichten von der fundamentalen Constitution der Materie huldigt.

Nach unserer Auffassung darf die Chemie, wenn man sie, wie dies in der Biologie thatsächlich geschieht, weder als übergeordnet noch als coordinirt der Statik und Dynamik anerkennen will, nicht ausschliesslich einer von diesen beiden Disciplinen untergeordnet werden. Vielmehr müssen wir dann die Chemie ebenfalls in einen statischen und in einen dynamischen Zweig spalten, von denen jener der Morphologie, dieser der Physik zufällt. Die statische Chemie, welche sich dann der Morphologie unterordnet, ist die Chemie der Substrate, und begnügt sich mit der analytischen Erkenntniss der chemischen Zusammensetzung des Naturkörpers, dessen Form Object der Betrachtung ist. Auf dem anorganischen Wissenschaftsgebiete gehört hierher z. B. der chemische Theil der Mineralogie, ferner die Lehre von der chemischen Zusammensetzung des Wassers, der atmosphärischen Luft etc. Auf dem organischen Wissenschaftsgebiete dagegen ist diese statische Chemie derjenige Theil der „organischen“ (fälschlich „physiologisch“ genannten) Chemie, welcher häufig als „descriptive Chemie“ bezeichnet und als „Chemie der Substrate“ von der Physiologie, vollkommen mit Unrecht, in Anspruch genommen wird. Denn es ist klar, dass dieser statische Theil der Chemie entschieden zur Morphologie gerechnet werden muss; thatsächlich wird derselbe auch vielfältig von der Morphologie als wesentlicher Inhaltstheil benutzt, selten aber ausdrücklich als solcher in Anspruch genommen. Victor Carus, dessen Behandlung der Morphologie sich so hoch über die allgemein

übliche erhebt, sagt in dieser Beziehung mit Recht, „dass die Kenntniss der chemischen Natur des lebensfähigen Substrates einen integrirenden Theil der statischen Biologie ausmacht, insofern die während des Lebens auftretenden chemischen Vorgänge, (welche das Object der Physiologie bilden) nicht verstanden werden können ohne das Verständniss der chemischen Mittel, die das Substrat mit sich bringt." Freilich wird gewöhnlich auch dieser Theil der Chemie von der Physiologie beansprucht; so sehr aber auch praktische Gründe diese Annexion rechtfertigen (so vor Allem der Mangel an chemischen Kenntnissen bei den meisten Morphologen), so kann doch theoretisch dieselbe nicht zugestanden werden; vielmehr müssen wir die Chemie der Substrate von unserem Standpunkt aus als rein statisch der Morphologie zuweisen. So ist sie von Schleiden in seinen ausgezeichneten Grundzügen der wissenschaftlichen Botanik als „vegetabilische oder botanische Stofflehre" der Lehre von der Pflanzenzelle und der Morphologie vorausgeschickt worden. Ebenso sollte auch die „thierische Stofflehre" als erstes Capitel der thierischen Morphologie vorausgehen. Indess fügen wir dieser theoretisch berechtigten Forderung zugleich die Entschuldigung bei, dass der unvollkommene Zustand dieses Theils der Wissenschaft, und vor Allem unsere höchst mangelhafte Kenntniss von dem Causal-Zusammenhang zwischen Stoff und Form allerdings zunächst eine Ausscheidung der statischen Chemie aus dem Arbeitsgebiet der Morphologie rechtfertigen, und dass wir selbst aus diesen Gründen auf eine allgemeine Darstellung der chemischen Substrate der Organismen in unserer generellen Morphologie grösstentheils verzichten werden.

Die dynamische Chemie, welche sich der Physik unterordnet, ist die Chemie der Processe und strebt nach der Erkenntniss der chemischen Veränderungen, des Stoffwechsels in den Naturkörpern, deren Function Object der Betrachtung ist. Auf dem Gebiete der Abiologie würde hierher der chemische Theil der Meteorologie und der Geologie gehören, die Lehre von den in der anorganischen Natur auftretenden Zersetzungsprocessen der Mineralien, des Wassers, der atmosphärischen Luft etc. Auf dem Gebiete der Biologie dagegen würden wir hierher die eigentliche „physiologische Chemie" im wahren Sinne des Worts rechnen müssen, d. h. die Lehre von den chemischen Processen der lebenden Naturkörper, die Lehre von den Veränderungen in ihrer chemischen Zusammensetzung, welche mit den Bewegungs-Erscheinungen, die wir Leben nennen, wesentlich verbunden sind. Dieser Theil der „Zoochemie" und „Phytochemie" ist es, welcher einen integrirenden und höchst wesentlichen Bestandtheil der Physiologie bildet, sobald wir die Chemie als der Statik und Dynamik subordinirt betrachten.

So gut wir nun auch nach dieser Erörterung im Stande sind, die beiden Hauptzweige der Chemie, den statischen und dynamischen, den beiden selbstständigen Naturwissenschaften der Statik und Dynamik unterzuordnen, und so sehr sich einerseits die Vereinigung der Morphologie mit der Chemie der Substrate und andererseits die Verschmelzung der Physik mit der Chemie der Processe rechtfertigen lässt, so können wir doch nicht umhin, auch die beiden anderen, vorher angeführten Auffassungsweisen als ebenfalls in ihrer Weise berechtigt anzuerkennen. Es zeigt sich hierin wieder der innige Zusammenhang, indem alle diese einzelnen naturwissenschaftlichen Disciplinen unter einander stehen; und es zeigt sich zugleich, dass alle unsere künstlichen Eintheilungs-Versuche subjectiver Natur sind und der beschränkten Stellung entspringen, welche das menschliche Erkenntniss-Vermögen dem inneren Wesen der Naturkörper gegenüber einnimmt.

Mögen wir nun die Chemie als die oberste und umfassendste Naturwissenschaft betrachten, der die beiden gleichwerthigen Disciplinen der Statik (Morphologie) und Dynamik (Physik) untergeordnet sind — oder mögen wir Chemie, Physik und Morphologie, entsprechend den drei Grundeigenschaften der Naturkörper, Stoff, Kraft und Form, als drei coordinirte Hauptlehren der Gesammtnaturwissenschaft ansehen — oder mögen wir endlich nur die Statik und Dynamik als solche betrachten, und die Chemie der Substrate mit der Morphologie, die Chemie der Processe mit der Physik als untergeordnete Disciplin vereinigen, stets wird uns überall das innige Wechselverhältniss dieser verschiedenen Hauptzweige der Naturwissenschaft entgegentreten. Diese Beziehungen sind so innig, wie das Verhältniss, welches zwischen Stoff, Form und Kraft der Naturkörper selbst überall stattfindet. Wir sind als Menschen nicht vermögend, uns eine Materie ohne Kraft und ohne Form (sei letztere auch nur aus Aggregatszustand und Raum zusammengesetzt) vorzustellen; ebenso wenig können wir eine Kraft begreifen, welche ausserhalb der Materie steht und nie als Form in die Erscheinung tritt; ebenso wenig endlich können wir uns einen Naturkörper (keinen mathematischen Körper!) denken, welcher bloss als Form und nicht zugleich als Stoff und Kraft uns entgegentritt. Auf dem organischen, wie auf dem anorganischen Gebiete müssen stets Stoff, Form und Kraft zusammenwirken, um uns den Naturkörper zur vollständigen Anschauung zu bringen.

Ohne die innigen Wechselbeziehungen zwischen den eben behandelten Wissenschaften zu verkennen, erscheint doch behufs klaren Verständnisses eine scharfe Begriffsbestimmung und Abgrenzung ihres Gebiets sehr wünschenswerth. Vielleicht dürfte es sich nun in dieser Beziehung empfehlen, die Morphologie der Naturkörper im weitesten Sinne (mit Einbegriff der Chemie der Substrate) ausschliesslich mit

dem Namen der Statik oder der Morphonomie zu bezeichnen, und den Begriff der Morphologie (im engeren Sinne) auf die Formenlehre nach Ausschluss der statischen Chemie zu beschränken. Dann würde dem entsprechend der Begriff der Physik auf die Functionslehre im engeren Sinne (nach Ausschluss der dynamischen Chemie) zu beschränken sein, während wir unter Dynamik oder Phoronomie die Physik im weitesten Sinne (mit Einbegriff der Chemie der Processe) verstehen würden. Die gegenseitigen Beziehungen dieser verschiedenen Disciplinen würden durch folgendes Schema übersichtlich dargestellt werden können:



IV. Morphologie und Physiologie.

Nachdem wir das Verhältnis der Morphologie im Allgemeinen zur Physik und zur Chemie bestimmt haben, ohne auf den Unterschied der organischen und anorganischen Naturkörper Rücksicht zu nehmen, kehren wir zurück zur Betrachtung des Verhältnisses, welches dieser Unterschied in den genannten Wissenschaften bedingt. Hierbei erscheint es sehr lehrreich, die entsprechenden Wissenschaftsgebiete des organischen und des anorganischen Körperreichs vergleichend in Parallele zu stellen, weil die einfacheren Verhältnisse der Anorgane uns viele Beziehungen klar enthüllen, welche durch die complicirteren Beschaffenheiten der Organismen vielfach verdeckt werden. Die Abiologie kann hier, wie in vielen anderen Fällen, der Biologie als Leuchte auf ihrem dunkelen und schwierigen Pfade dienen.

Wie wir die Gesammtwissenschaft von den Naturkörpern der Erde in die drei Hauptzweige der Chemie, Statik (Morphologie) und Dynamik (Physik) gespalten haben, so ist diese Eintheilung auch auf die vom Gesichtspunkte des „Lebens" aus unterschiedenen beiden Disciplinen der Biologie (Organismenlehre) und Abiologie (Anorganenlehre) anwendbar. Es werden sich die so entstehenden kleineren Zweige in beiden Wissenschaften vollkommen coordinirt gegenüberstehen. Wenn wir nun, gemäss dem unter No. II. im letzten Abschnitt entwickelten Standpunkt, Chemie, Morphologie und Physik als drei coordinirte Hauptwissenschaften betrach-

ten, so erhalten wir durch ihre Spaltung in einen biologischen und in einen abiologischen Zweig folgendes Verhältniss von sechs coordinirten Disciplinen.

1, Die Chemie, und zwar die vereinigte Chemie der Substrate und der Processe, zerfällt in die beiden Aeste der anorganischen und organischen Stofflehre. Da diese Begriffe in mehrfach verschiedenem und unbestimmtem Sinne gebraucht werden, so wird die anorganische Chemie besser als abiologische oder als Chemie der Anorgane bezeichnet, die organische richtiger als biologische oder Chemie der Organismen.

2, Die Physik oder Dynamik spaltet sich in die beiden Aeste der anorganischen (Abiodynamik) und der organischen Kraftlehre (Biodynamik). Die anorganische oder abiologische Physik, welche die Leistungen der Anorgane untersucht, wird gewöhnlich als Physik im engsten Sinne bezeichnet. Dagegen ist für die organische oder biologische Physik (Biodynamik), welche die Functionen der Organismen erforscht, allgemein die Bezeichnung der Physiologie gebräuchlich. In dem beschränkten Sinne, in welchem letztere jetzt meistens aufgefasst wird, ist sie in der That lediglich eine „Dynamik der Organismen" und entspricht mithin vollkommen der Dynamik oder Physik der Anorgane. Es ist also der Begriff der heutigen Physiologie von beträchtlich geringerem Umfang und entsprechend grösserem Inhalt, als der Begriff der früheren Physiologie, welche nicht bloss die Function, sondern zugleich die Gestaltung der Organismen untersuchte und mit unserer heutigen Biologie identisch ist. So ist z. B. Johannes Müller's klassisches und unübertroffenes Werk, welches den bescheidenen Titel eines „Handbuchs der Physiologie des Menschen" führt, vielmehr eine umfassende allgemeine vergleichende Biologie der Thiere (und bis zu gewissem Grade selbst der Organismen, insofern auch die Biologie der Pflanzen darin vielfach vergleichend berücksichtigt wird).

3, Die Morphologie oder Statik endlich theilt sich in die beiden Aeste der anorganischen und organischen Formenlehre. Die anorganische oder abiologische Formenlehre (Abiostatik), umfasst die Krystallographie, die Lehre von der Form der tropfbaren und elastischen Flüssigkeiten im Gleichgewicht (Hydrostatik, Aërostatik etc.). Ihr steht coordinirt und parallel gegenüber die Morphologie der Organismen, die organische oder biologische Formenlehre (Biostatik), deren allgemeine Darstellung Gegenstand des vorliegenden Werkes ist.

Dass die sechs Wissenschaften, welche wir durch diese Eintheilung der Gesammtwissenschaft von den irdischen Naturkörpern erhalten, von dem oben sub II. erörterten Gesichtspunkte aus ihrem Range nach beigeordnet sind und neben einander stehen, liegt auf der Hand. Die

biologische und die abiologische Chemie, die Physiologie und die Physik der Anorgane, die Morphologie der Organismen und der Anorgane, können in der That als sechs vollkommen coordinirte Naturwissenschaften angesehen werden.

Dieses Resultat ist für uns insofern von grosser Bedeutung, als dadurch die coordinirte Stellung der organischen Morphologie gegenüber und neben der Physiologie fest bestimmt wird. Dieses nebengeordnete Verhältniss der beiden gleichwerthigen biologischen Disciplinen ist gerade in neuerer Zeit sehr oft völlig verkannt worden. Indem nämlich die Physiologie sich in den beiden letzten Decennien als exacte „Physik der Organismen" oder als (unpassend) sogenannte „physikalische Physiologie" ungemein rasch und vielseitig zu einer ganz selbstständigen Disciplin entwickelt hat, während sie vorher in scheinbar untergeordnetem Verhältnisse auf das Engste mit der Morphologie verbunden war, ist ihr Selbstbewusstsein dadurch so übermässig gestiegen, dass sie nunmehr auf die überwundene Morphologie stolz herabsieht und diese lediglich als ihre Dienerin, als eine untergeordnete Hülfswissenschaft betrachtet. Insbesondere nimmt die Physiologie sehr häufig für sich den höheren Rang einer erklärenden Naturwissenschaft in Anspruch, während sie der Morphologie bloss den niederen Rang einer beschreibenden Disciplin zugesteht. Leider ist freilich diese Selbstüberhebung der Physiologie durch den traurigen Zustand und den zwar nicht extensiven, wohl aber intensiven Rückschritt der Morphologie nur zu sehr gerechtfertigt und begünstigt. Während die Physiologie auf streng naturwissenschaftlicher Basis Schritt für Schritt vordringt und ihr Ziel fest und klar im Auge behält, verliert die verwildernde Morphologie das Ihrige immer mehr aus dem Auge, und hat sich ebenso von einer denkenden Behandlung ihres Gegenstandes, wie von einer strengen Methode stets mehr und mehr entfernt. Während sie quantitativ immer mächtiger zu wachsen scheint, schreitet sie qualitativ immer weiter zurück. Aus jeglichem Mangel an denkender Erforschung und an fester Begriffsbestimmung dienen die meisten morphologischen Arbeiten mehr dazu, den Ballast der Wissenschaft zu häufen, statt ihren wirklichen Fortschritt zu fördern.

Dieser traurige augenblickliche Zustand unserer morphologischen Wissenschaft kann ihren Werth zwar zeitweise in den Augen der heutigen Physiologie tief herabdrücken; er vermag aber doch nicht, den coordinirten Rang, welcher der Morphologie neben der Physiologie gebührt, auf die Dauer verkennen zu lassen. Vielmehr müssen wir ausdrücklich behaupten, dass auch die Morphologie der Organismen, so gut wie ihre coordinirte Schwester, die Physiologie, nicht bloss eine beschreibende, sondern zugleich eine erklärende Wissenschaft ist,

oder doch wenigstens sein soll. Beide verfolgen die hohe Aufgabe, die beobachteten Thatsachen zu erklären, d. h. auf allgemeine Naturgesetze zurückzuführen. Die Physiologie oder Biodynamik beschreibt und erklärt die Leistungen (Functionen, Bewegungen, Kräfte) der Organismen.[1]) Die Morphologie beschreibt und erklärt die Formen (äussere Gestalt und innere formelle Zusammensetzung) der Organismen. Das Ziel wenigstens liegt klar vor ihr, und wenn sie es zeitweise aus den Augen zu verlieren scheint, so ist es die Schuld ihrer jeweiligen Vertreter. Morphologie und Physiologie sind demnach vollkommen coordinirte Wissenschaften, in gleichem Maasse und auf gleicher Stufe der Biologie untergeordnet, deren Inhalt sie bilden.

Dieses beigeordnete schwesterliche Verhältniss der Morphologie zur Physiologie wird auch durchaus nicht geändert, wenn wir die Chemie nicht (wie es so eben geschah) als coordinirt der Physik und Morphologie betrachten, sondern sie diesen beiden Disciplinen unterordnen, wie es in der vorhergehenden Betrachtung (p. 13 sub III) geschehen ist. Es ergiebt sich dann nämlich, wenn wir die biologische Chemie oder die Chemie der Organismen in die beiden Aeste der statischen und dynamischen Chemie spalten, dass wir die statische

---

[1]) Wenn wir hier einerseits der Physiologie der Neuzeit zugestanden haben, dass sie die organische Morphologie an bewusster Erkenntniss ihres Zieles und an klarem Verständniss der allein richtigen Methode weit überflügelt hat, so müssen wir doch andererseits darauf aufmerksam machen, dass sie in anderen Beziehungen weit hinter der Morphologie zurück ist. Insbesondere ist hier der thierischen Physiologie sowohl die allgemeine Vernachlässigung der Entstehungs-Verhältnisse der Functionen (embryonale Entwickelung und Differenzirung der Lebens-Erscheinungen) als der noch auffallendere Mangel an vergleichender Betrachtung der Functionen (Ableitung der complicirten Lebens-Erscheinungen höherer aus den einfacheren Functionen der verwandten niederen Organismen) zum Vorwurfe zu machen. Von einer genetischen Physiologie kann heutzutage noch ebenso wenig, als von einer vergleichenden Physiologie die Rede sein; mindestens befinden sich Beide noch in der ersten Kindheit. Und doch ist die genetische sowohl als die vergleichende Methode für die Physiologie ebenso unentbehrlich, als für die Morphologie, wo dies längst anerkannt ist. In keinem Gebiete der Physiologie wird sich diese Wahrheit schlagender zeigen, als in demjenigen Theile der Physiologie des Central-Nervensystems, welchen man gewöhnlich als „Psychologie" den nicht physiologisch gebildeten sogenannten „Philosophen" überlassen hat. Sobald man sich entschliessen wird, hier die genetische und die vergleichende Untersuchung[illegible] methode in der weitesten Ausdehnung anzuwenden, wird dieses gänzlich uncu[illegible] virte und wüste Gebiet die reichsten und überraschendsten Früchte zur R[illegible] bringen. Niemals aber wird man z. B. zu einer Psychologie des reifen Mens[illegible] gelangen, wenn man dieselbe nicht aus der genetischen Psychologie des [illegible] des, und aus der vergleichenden Psychologie der Wirbelthiere ableitet.

Organochemie oder die Chemie der organischen Substrate nothwendig mit der Morphologie, sowie andererseits die dynamische Organochemie oder die Chemie der organischen Processe mit der Physiologie verbinden müssen. Es ergiebt sich dies klar und unzweifelhaft, wenn wir das oben (p. 17) begründete Schema von dem Verhältniss der Morphologie und Physik zur Chemie, gemäss der Unterscheidung der Organismen und Anorgane, in die folgenden beiden vollkommen parallelen Schemata spalten:

I. Abiologie oder Anorganologie.

(Gesammtwissenschaft von den leblosen oder anorganischen Naturkörpern der Erde.)

(A. Mineralogie. B. Hydrologie. C. Meteorologie).

Abiologische Chemie.
(Chemie der Anorgane.)

Abiostatik oder anorganische Morphonomie (Anorganische Morphologie im weiteren Sinne.)			Abiodynamik oder anorganische Phoronomie. (Anorganische Physik im weiteren Sinne.)
Anorganische Morphologie im engeren Sinne. (Krystallographie, Hydrostatik, Aerostatik, Petrographie etc.)	[Chemie der anorganischen Substrate.]	[Chemie der anorganischen Processe.]	Anorganische Physik im engeren Sinne. („Physik" im engsten Sinne.)

II. Biologie oder Lebenskunde.

(Gesammtwissenschaft von den belebten oder organisirten Naturkörpern der Erde.)

(A. Zoologie. B. Protistologie. C. Botanik).

Biologische Chemie.
(Chemie der Organismen.)

Biostatik oder organische Morphonomie. (Organische Morphologie im weiteren Sinne.)			Biodynamik oder organische Phoronomie. (Physiologie im weiteren Sinne.)
Morphologie der Organismen (im engeren Sinne).	Chemie der organischen Substrate (Organische Stofflehre).	Chemie der organischen Processe. (Physiologische Chemie.)	Physiologie (im engeren Sinne).

Drittes Capitel.

Eintheilung der Morphologie in untergeordnete Wissenschaften.

„Indem sich jeder einzelne Wirkungskreis absondert, so vereinzelt, zersplittert sich auch in jedem Kreise die Behandlung. Nur ein Hauch von Theorie erregt schon Furcht; denn seit mehr als einem Jahrhundert hat man sie wie ein Gespenst geflohen und, bei einer fragmentarischen Erfahrung, sich doch zuletzt den gemeinsten Vorstellungen in die Arme geworfen. Niemand will gestehen, dass eine Idee, ein Begriff der Beobachtung zum Grunde liegen, die Erfahrung befördern, ja das Finden und Erfinden begünstigen könne.“ Goethe (1819).

I. Eintheilung der Morphologie in Anatomie und Morphogenie.

Nachdem wir den Begriff und die Aufgabe der Morphologie festgestellt und das Verhältniss betrachtet haben, welches dieselbe gegenüber anderen, theils beigeordneten, theils übergeordneten Naturwissenschaften einnimmt, werden wir nun zunächst die verschiedenen untergeordneten wissenschaftlichen Disciplinen zu betrachten haben, in welche die Morphologie der Organismen selbst einzutheilen ist. Auch diese Auseinandersetzung wird uns nicht weniger Schwierigkeiten als die vorhergehende bereiten. Denn es wiederholt sich hier, und sogar in noch höherem Grade, als bei der vorhergehenden Erörterung, die merkwürdige Erscheinung, dass durchaus keine festen, klaren und unzweideutigen Begriffe über Inhalt und Umfang der einzelnen Wissenschaftszweige existiren, und dass, während Tausende von Arbeitern in allen diesen Disciplinen unaufhörlich thätig sind, kaum Einer von Hunderten sich über die eigentlichen Aufgaben und das letzte Ziel seiner Wissenschaft klar zu werden sucht.

Indem wir die Begriffe der einzelnen untergeordneten Wissenschaften nach Inhalt und Umfang zu bestimmen suchen, aus denen sich die Morphologie der Organismen zusammensetzt, werden wir diese letztere Wissenschaft, ebenso wie bei allen folgenden Untersuchungen, in dem so eben näher bestimmten engeren Sinne fassen, in welchem die statische Organochemie oder die Chemie der organischen Substrate von der Morphologie ausgeschlossen wird. Es bleibt uns dann also als

Aufgabe lediglich die erklärende Betrachtung der organischen Formen an sich, ohne jede Rücksicht auf die ihnen zu Grunde liegenden chemischen Substrate und auf ihre stoffliche Zusammensetzung.

Da unsere Aufgabe nun dahin geht, die verschiedenen Formen der Organismen nicht allein kennen zu lernen und zu beschreiben, sondern dieselben auch vergleichend zu untersuchen und ihre Bildung auf allgemeine Gesetze zurückzuführen, so würde sich als nächste Eintheilung der Morphologie vielleicht die Spaltung in eine beschreibende und in eine erklärende Formenlehre darbieten. Diese Unterscheidung ist in der That theoretisch gemacht und häufig auch praktisch durchgeführt worden. Auf ihr beruht z. B. die Differenz zwischen der „Zootomie“ und der „vergleichenden Anatomie,“ von denen sich die erstere auf die Beschreibung aller einzelnen thierischen Organisations-Verhältnisse beschränkt, während die letztere dieselben zu erklären, d. h. auf allgemeine Gesetze zurückzuführen strebt. Während die Zootomie in dem Labyrinthe der zahllosen Einzelformen und in der unendlichen Mannichfaltigkeit der einzelnen Organisationsweisen sich verliert und es bloss zu einer einfachen Aneinanderreihung der beobachteten Thatsachen bringt, weiss die vergleichende Anatomie den leitenden Ariadne-Faden durch alle verwickelten Windungen des Labyrinthes hindurch festzuhalten und schwingt sich dadurch zum beherrschenden Ueberblick des Ganzen empor. So wesentlich dieser Unterschied zwischen beiden Disciplinen aber auch ist, so ist er doch im Grunde nur ein Unterschied in der Methode und in der Intentisät der Erkenntniss. Die Zootomie verfährt analytisch und begnügt sich mit der Kenntniss, die vergleichende Anatomie verfährt synthetisch und strebt nach der Erklärung der Erscheinungen; daher können wir eigentlich nur die letztere als wirklich wissenschaftliche Morphologie bezeichnen, welcher die erstere als untergeordnete Hülfswissenschaft nur das Material liefert. Die Spaltung der Morphologie in eine beschreibende (descriptive) und eine erklärende (philosophische) Formenlehre als zwei coordinirte Hauptzweige ist demnach zu verwerfen.

Weit wichtiger ist für uns der Unterschied zwischen der werdenden und der vollendeten Form der Organismen. Jedes Sein wird nur durch sein Werden erkannt. Dieser wichtige Grundsatz ist in der wissenschaftlichen Morphologie längst thatsächlich vielfach berücksichtigt und darauf hin die Entwickelungsgeschichte der organischen Formen als einer der wichtigsten Zweige der letzteren anerkannt worden. Wir theilen diese Anerkennung so sehr, dass wir der Wissenschaft von der werdenden und sich entwickelnden Form des Organismus den gleichen Werth, wie der Wissenschaft von der vollendeten Form zugestehen, und darauf hin die gesammte Morphologie in die

beiden coordinirten Zweige der Anatomie und der Morphogenie oder Entwickelungsgeschichte spalten.

II. Eintheilung der Anatomie und Morphogenie in vier Wissenschaften.

Grössere Schwierigkeiten als die Unterscheidung bietet uns die weitere Eintheilung der genannten beiden Hauptzweige der Morphologie dar. Die Anatomie wird gewöhnlich in die beiden Zweige der gröberen Anatomie oder Organologie und der feineren (mikroskopischen) Anatomie oder Histologie gespalten; der ersteren wird die Untersuchung der Zusammensetzung des Körpers aus seinen verschiedenen Organen zugewiesen, der letzteren die Erforschung der Zusammensetzung seiner Gewebe aus den Elementartheilen. Indess beruht diese Unterscheidung auf unvollständiger Basis der Erkenntniss und kann, wie wir unten zeigen werden, nicht in dieser Weise beibehalten werden.

Um zu einer weiteren Eintheilung der Anatomie und der Morphogenie in untergeordnete Wissenschaftszweige zu gelangen, erscheint es nothwendig, die verschiedenen Qualitäten der organischen Formen, welche das Object jener Disciplinen bilden, eingehender zu betrachten. Diese stellen sich am deutlichsten und klarsten heraus, wenn man die anorganischen und organischen Formen mit einander vergleicht.

Alle Naturkörper der Erde, Organismen und Anorgane, haben das mit einander gemein, dass sie uns entweder als bestimmt abgeschlossene räumliche Einheiten, als Individuen, unmittelbar entgegentreten, oder dass sie sich in mehrere derartige concrete Raumeinheiten oder Individuen zerlegen lassen. Diese Individuen, deren Form des Morphologen concretes und nächstes Object ist, sind nun bei Organismen und Anorganen von wesentlich verschiedener Qualität.

Die anorganischen Individuen, wie z. B. die einzelnen Krystalle, die einzelnen amorphen Körner unkrystallinischer Verbindungen, die einzelnen Wassertropfen etc., zeigen sich fast stets durch und durch homogen, in sich gleichartig, aus Molekülen einer und derselben Art zusammengesetzt. Da sie im Inneren nicht aus ungleichartigen Theilen zusammengesetzt sind, so können wir, wenigstens im gröberen Sinne, keine Organe an denselben unterscheiden; und die ganze Morphologie dieser Körper wird sich daher wesentlich auf eine Untersuchung ihrer äusseren Form beschränken. Von einer Organologie kann bei den Anorganen eben so wenig, als von einer Zusammensetzung des Körpers aus Individuen verschiedener Ordnung die Rede sein.[1])

[1]) Wir stellen hier absichtlich die wesentlichen Formunterschiede zwischen Organismen und Anorganen so scharf und durchgreifend gegenüber, wie dies

Ganz anders zeigen sich schon auf den ersten oberflächlichen Blick die organischen Individuen, wie z. B. die einzelnen Wirbelthiere. Diese Körper sind durch und durch heterogen, in sich ungleichartig, aus Molekülen nicht nur, sondern auch aus gröberen Theilen von ganz verschiedener Art zusammengesetzt. Die ungleichartigen Theile, welche ihren Körper zusammensetzen, können wir, entweder in gröberem oder in feinerem Sinne, Organe nennen. Diese Zusammensetzung des organischen Körpers aus verschiedenen Organen ist es, welche in der gewöhnlichen Anschauung den Organismus macht. Die Morphologie dieser Körper kann sich mithin unmöglich auf die Untersuchung ihrer äusseren Form beschränken, sondern sie muss neben dieser nothwendig ebenso auch die innere Form berücksichtigen, d. h. den Bau (die Structur) des Organismus, oder seine Zusammensetzung aus verschiedenen gleichartigen und ungleichartigen Theilen; sowie dann weiterhin die Form dieser Theile selbst, ihr gegenseitiges Lagerungs- und Verbindungs-Verhältniss, und endlich ihre eventuelle weitere Zusammensetzung aus verschiedenartigen Formtheilen, Gegenstand der organischen Morphologie sein wird. In diesem Sinne könnte man die Morphologie der Organismen auch als Organologie im weitesten Sinne bezeichnen, oder besser noch als Merologie, als Lehre von den Theilen, oder als Tectologie, als Lehre von der Zusammensetzung des Körpers aus ungleichartigen Theilen. Gegen diesen wichtigsten Theil der Morphologie der Organismen tritt die Betrachtung ihrer äusseren Form ganz zurück, oder erscheint vielmehr nur als ein secundäres Resultat der ersteren. Von anderem Gesichtspunkte aus könnten wir diesen wichtigsten Theil unserer Wissenschaft auch als Lehre von den Individuen bezeichnen, da nämlich, wie das dritte Buch zeigen wird, die constituirenden Theile der Individuen, die wir so eben als Organe verschiedener Ordnung unterschieden haben, selbst wieder im gewissen Sinne Individuen sind, so dass wir den ganzen individuellen Organismus als ein System von einheitlich verbundenen Individuen verschiedener Ordnung betrachten können.

Ein zweiter wesentlicher Unterschied in der Form zwischen den organischen und anorganischen Individuen beruht darauf, dass die Form der anorganischen Individuen (wenn es nicht vollkommen unregelmässig gestaltete, ganz amorphe Körper sind) einer vollkommen exacten mathematischen Betrachtung ohne Weiteres zugänglich ist, und

---

fast von allen Naturforschern geschieht. Im zweiten und sechsten Buche werden wir dagegen zeigen, dass diese Unterschiede keineswegs so absoluter Natur sind und dass auch hier wahre Uebergangsbildungen und Zwischenstufen vorkommen.

dass mit der stereometrischen Ausmessung derselben die Aufgabe ihrer morphologischen Erkenntniss völlig gelöst ist. Die anorganischen Individuen sind fast immer von ebenen Flächen, geraden Linien und bestimmten messbaren Winkeln begrenzt. Die Hauptaufgabe der Krystallographie, welche den grössten Theil der abiologischen Morphologie ausmacht, ist daher die Ausmessung und Berechnung dieser relativ einfachen geometrischen Form-Verhältnisse.

In vollem Gegensatz hierzu sind organische Individuen, deren Form einer stereometrischen Behandlung zugänglich ist, seltene Ausnahmen. Fast immer ist ihr Körper von gekrümmten Flächen, gebogenen Linien und unmessbaren sphärischen Winkeln begrenzt. Die Curven, welche hier sich finden, sind so zusammengesetzter und dabei meist scheinbar so unbestimmter Natur, dass ihre Ausmessung und Berechnung als ein unlösbares Problem erscheint. Zwar wird die stereometrische Behandlung der organischen Formen sehr häufig als Ziel einer späteren vollendeteren, exact-mathematischen Methode ihrer Untersuchung hingestellt. Indessen müssen wir unseres Theils diese weit verbreitete Ansicht als eine irrige bezeichnen. Es wird nämlich durch die unbegrenzte Variabilität aller organischen Formen, welche im sechsten Buche erläutert werden wird, bereits die Möglichkeit einer exacten geometrischen Behandlung, wie sie die Krystallographie durchführt, von vornherein ausgeschlossen. Da nämlich factisch schon nächstverwandte Individuen einer und derselben Species, z. B. verschiedene Geschwister die von einem und demselben Elternpaar abstammen, in Beziehung auf äussere und innere Form unendlich viele, gröbere und feinere individuelle Verschiedenheiten zeigen, da niemals bei allen Individuen einer und derselben organischen Species sämmtliche gekrümmte Flächen, Linien und Winkel des Körpers und seiner einzelnen Theile absolut identisch, sondern stets nur annähernd gleich oder ähnlich sind, so ist eine derartige absolute mathematische Betrachtungsweise der organischen Form, wie sie gewöhnlich gefordert wird, gar nicht möglich; und wenn man selbst die complicirten Curven etc. bei allen einzelnen Individuen berechnen und dann vergleichen könnte, so hätte eine solche mühsame Arbeit nicht das mindeste Interesse und die Arbeit selbst wäre eine wahre Danaiden-Arbeit. Dagegen ist eine anderweitige mathematische Betrachtungsweise der organischen Formen, welche der krystallographischen Methode ähnlich, aber doch wesentlich verschieden ist, allerdings möglich. Es lassen sich nämlich, wie das vierte Buch unseres Werkes zeigen wird, gewisse einfache stereometrische Grundformen der Organismen auffinden, welche unter den scheinbar ganz unzugänglichen Curvensystemen der unberechenbar complicirten Formen der organischen Individuen versteckt liegen. Diese neue Lehre von den Grund-

formen (Promorphen [1]) oder Promorphologie werden wir als einen besonderen und höchst wesentlichen Theil der Morphologie der Organismen auszubauen haben. Er wird uns das Aequivalent einer organischen Krystallographie sein. Die Betrachtung der Form der einzelnen Individuen verschiedener Ordnung, welche den Organismus zusammensetzen, wird sich stets an diese Betrachtung der geometrischen Grundformen als an ihr festes und sicheres Skelet anlehnen müssen. Wie dies zu verstehen ist, wird das vierte Buch zeigen.

Während die beiden wesentlichen eben hervorgehobenen Unterschiede in der Formbildung der Organismen und der Anorgane die vollendete Form betreffen, so finden wir zwei andere nicht minder bedeutende Differenzen zwischen beiden Hauptreihen von Naturkörpern in der Entstehung der Formen. Die Formen der anorganischen Individuen entstehen dadurch, dass sich die gleichartigen Moleküle der homogenen Materie, aus der sie bestehen, nach bestimmten physikalischen Gesetzen um einen bestimmten Mittelpunkt herum ansammeln. Die Form des Individuums (z. B. des Krystalls) ist hier zu jeder Zeit seiner Existenz dieselbe; sobald der Krystall überhaupt in bestimmter Form gebildet ist, bleibt diese mathematisch bestimmbare Form, so lange er besteht, dieselbe, mag das Individuum nachher noch so sehr an Grösse zunehmen. Jedes Wachsthum der Anorgane beruht bloss auf Apposition neuer Moleküle von aussen her. Weder die innere Gleichartigkeit der Substanz, noch die äussere charakteristische Form wird durch dieses Wachsthum irgendwie verändert. Das anorganische Individuum entwickelt sich nicht.

Grundverschieden von dieser Wachsthums-Art der Anorgane durch äussere Apposition ist das Wachsthum der Organismen, welches durch innere Intussusception geschieht und welches nicht bloss eine Veränderung der Grösse, sondern auch der Form des organischen Individuums herbeiführt. Das organische Individuum entwickelt sich. Es durchläuft während seines Lebens eine Reihe von verschiedenen Formen. Wir können daher niemals die Form des concreten organischen Individuums aus einem einzigen gegebenen Formzustand wahrhaft erkennen, sondern müssen zu diesem Zwecke die ganze Kette von auf einander folgenden Formen untersuchen und vergleichen, welche das organische Individuum während der ganzen Zeit seines Lebens von Anfang bis zu Ende durchläuft. Diese Aufgabe löst die Entwicklungsgeschichte oder die Embryologie, welche passender Ontogenie heissen würde (siehe unten). Die allgemeinen Grundzüge dieser Wissenschaft werden wir im fünften Buche festzu-

---

[1]) προμορφή, ἡ, die Grundform, Vorform, Urform.

stellen haben. Die Ontogenie wird immer einen wesentlichen und nicht zu entbehrenden Bestandtheil der wissenschaftlichen Morphologie ausmachen. Durch sie wird die letztere mit der Physiologie auf das engste verbunden.

Ein vierter und letzter sehr wesentlicher Unterschied zwischen den Formen der anorganischen und der organischen Individuen betrifft nicht die Beschaffenheit oder Entstehung der Form der concreten einzelnen Individuen, sondern diejenige der abstracten Einheiten, welche man Arten nennt. Unter dem Namen der Art oder Species fasst man gewöhnlich oberflächlich alle diejenigen Individuen zusammen, welche einander gleich oder ähnlich sind, d. h. welche in allen sogenannten wesentlichen Characteren übereinstimmen. Alle unorganischen Individuen, welche zu einer und derselben Art gehören, z. B. zu einer bestimmten Krystall-Art, haben vollkommen dieselbe Form (feste Krystallform) und dieselbe chemische Zusammensetzung. Die einzelnen Individuen jeder anorganischen Species unterscheiden sich lediglich durch ihre Grösse. Andererseits gehören alle anorganischen Individuen, welche entweder durch ihr chemisches Substrat oder durch ihre Form (Krystallform etc.) verschieden sind, verschiedenen Arten an. Die Form jeder anorganischen Art ist aber unveränderlich, und die Kochsalzkrystalle, welche zu allererst auf unserer Erde entstanden sind, werden in keiner Beziehung verschieden von denjenigen gewesen sein, die heutzutage sich bilden.

Eine ganz andere Bedeutung hat der Begriff der Art oder Species für die Form der organischen Individuen. Hier ist das Kriterium der Species nicht die Gleichheit der Form aller Individuen, auch nicht einmal die Aehnlichkeit derselben. Denn in vielen Fällen sind Larven und Erwachsene, Männchen und Weibchen derselben Art so gänzlich verschiedene Formen, dass sie in keinem einzigen speciellen Formcharacter übereinstimmen, und dass man sie nur in eine einzige Species zusammenstellt, weil sie von einem und demselben gemeinsamen Stammvater abstammen. Nun sind aber diese „Arten“ oder Species, welche der Inbegriff aller Descendenten einer einzigen Stammform sind, keineswegs unveränderlich. Es erzeugt nicht Gleiches nur Gleiches, wie gewöhnlich falsch gesagt wird, sondern Aehnliches erzeugt Aehnliches, und nach Verlauf eines gewissen Zeitraums gehen die organischen Species unter, während neue sich aus ihnen entwickeln. — Die Form jeder organischen Species ist also durchaus veränderlich, und die Species selbst mithin keine abgeschlossene Einheit. Wohl aber ist eine solche reale und vollkommen abgeschlossene Einheit die Summe aller Species, welche aus einer und derselben gemeinschaftlichen Stammform allmählig sich entwickelt haben, wie z. B.

alle Wirbelthiere. Diese Summe nennen wir Stamm (Phylon).[1] Die Untersuchung der Entwicklung dieser Stämme und die Feststellung der genealogischen Verwandtschaft aller Species, die zu einem Stamm gehören, halten wir für die höchste und letzte besondere Aufgabe der organischen Morphologie. Im sechsten Buche werden wir die Grundzüge dieser Phylogenie oder Entwicklungsgeschichte der organischen Stämme (Kreise oder „Typen") festzustellen haben. Das Material zu dieser bisher gänzlich vernachlässigten Wissenschaft liefert uns vor Allem die Palaeontologie, die Erkenntniss der ausgestorbenen Lebensformen, welche die Stammeltern und Blutsverwandten der jetzt lebenden Organismen sind. Die ganze Disciplin könnte aber auch als organische Verwandtschaftslehre oder Genealogie bezeichnet werden, wie wir deren Bedeutung im sechsten Buche feststellen werden.

Aus den vorausgehenden Erörterungen über die charakteristischen Qualitäten der organischen Formen haben sich uns nun bereits von selbst die speciellen einzelnen Aufgaben entwickelt, welche die Morphologie der Organismen als die erklärende organische Formenlehre zu lösen haben wird. Es wird jede der vier angeführten Qualitäten der organischen Form ihre gesonderte Behandlung verlangen, und es wird diese Aufgabe vier gesonderten Disciplinen zufallen.

Wir werden zunächst als die beiden Hauptzweige, in welche sich die Morphologie der Organismen (nach Ausschluss der statischen Organochemie) spaltet, zu unterscheiden haben: I) die Wissenschaft von der vollendeten organischen Form oder die Anatomie, und II) die Wissenschaft von der werdenden organischen Form oder die Entwickelungsgeschichte, Morphogenie.

Die Anatomie (im weitesten Sinne) oder die gesammte Formenlehre des vollendeten Organismus, wird auch häufig als Organologie oder als Morphologie bezeichnet, und von Anderen wieder als ein Theil der Systematik betrachtet. Die verschiedenen hierüber herrschenden Ansichten, sowie die verschiedenen Eintheilungen der Anatomie in untergeordnete Disciplinen, werden wir sogleich einer gesonderten Betrachtung unterwerfen. Nach unserer Anschauung, die wir so eben entwickelt haben, spaltet sich die Anatomie zunächst in zwei verschiedene Disciplinen: I) die Lehre von der Zusammensetzung des Organismus aus gleichartigen und ungleichartigen Theilen, welche man passend entweder Zusammensetzungslehre oder Baulehre (Tectologie) oder Lehre von den Theilen (Merologie) nennen könnte (drittes Buch), und II) die Lehre von den Formen der einzelnen Theile oder der einzelnen Individuen verschiedener Ordnung und insbesondere von

[1] φῦλον, τό; der Stamm (Volksstamm, Nation).

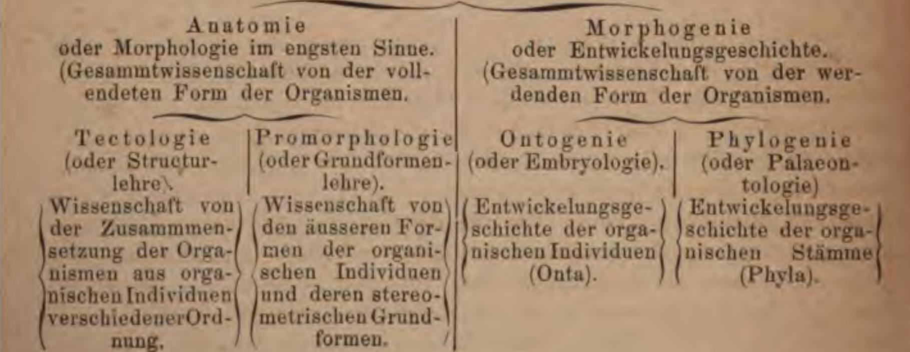
deren geometrischen Grundformen, **Promorphologie**, an welche sich unmittelbar die Betrachtung der nicht geometrisch bestimmbaren äusseren Formen derselben anschliessen wird. (Viertes Buch.)

Die **Morphogenie** oder die Entwickelungsgeschichte (im weitesten Sinne) als die Formenlehre des werdenden Organismus, zerfällt ebenfalls in zwei Disciplinen, welche nach unserer Anschauung nächstverwandt und eng verbunden sind, obwohl sie gewöhnlich als weit getrennte Wissenschaften behandelt werden. I) Die erste derselben untersucht die **Entwickelungsgeschichte der Individuen** und kann demgemäss als **Ontogenie** bezeichnet werden. Gewöhnlich wird sie „Embryologie" genannt, obwohl dieser Begriff viel zu enge, und nur auf die höheren Organismen anwendbar ist. (Fünftes Buch.) II) Der andere Zweig der Morphogenie ist die **Entwickelungsgeschichte der Stämme** oder **Phylogenie** und untersucht die zusammenhängende Formenkette aller derjenigen organischen Individuen, die von einer und derselben gemeinsamen Stammform sich abgezweigt haben. Da so wesentlich die Erkenntniss der Verwandtschaft der organischen Formen ihre Aufgabe ist, könnte sie auch **Genealogie der Organismen**, und da ihr wesentliches empirisches Substrat die Petrefactenkunde ist, „**wissenschaftliche Palaeontologie**" genannt werden. (Sechstes Buch.)

Das gegenseitige Verhältniss dieser vier Disciplinen, welche wir als die Hauptzweige der Morphologie der Organismen betrachten, ist bisher, theils wegen der einseitig herrschenden analytischen Erkenntniss-Methoden, theils wegen des allgemeinen Glaubens an das Species-Dogma, meist vollständig verkannt worden. Unsere Auffassung desselben dürfte durch folgendes Schema übersichtlich erläutert werden:

Morphologie der Organismen

(im engeren Sinne, nach Ausschluss der statischen Chemie).



Anatomie oder Morphologie im engsten Sinne. (Gesammtwissenschaft von der vollendeten Form der Organismen.		Morphogenie oder Entwickelungsgeschichte. (Gesammtwissenschaft von der werdenden Form der Organismen.	
Tectologie (oder Structurlehre).	Promorphologie (oder Grundformenlehre).	Ontogenie (oder Embryologie).	Phylogenie (oder Palaeontologie)
Wissenschaft von der Zusammmensetzung der Organismen aus organischen Individuen verschiedener Ordnung.	Wissenschaft von den äusseren Formen der organischen Individuen und deren stereometrischen Grundformen.	Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen (Onta).	Entwickelungsgeschichte der organischen Stämme (Phyla).

III. Anatomie und Systematik.

Bevor wir die Disciplinen der Tectologie und der Promorphologie näher ins Auge fassen, erscheint es nothwendig, uns über das Verhältniss der Morphologie und insbesondere der Anatomie zu einigen Disciplinen zu verständigen, welche theils der Anatomie entgegengesetzt, theils derselben untergeordnet werden; dahin gehört insbesondere die Systematik, die Organologie und die Histologie. Auch die gebräuchliche Bezeichnung der Anatomie, welche wir im Folgenden als allgemeinen Ausdruck für unsere gesammten Kenntnisse von der vollendeten organischen Form beibehalten werden, bedarf einer gewissen Erläuterung und Rechtfertigung. Es werden nämlich die Ausdrücke der Anatomie und Morphologie auf den nächstverwandten und unmittelbar sich berührenden Gebieten der Zoologie und Botanik in einem so gänzlich verschiedenen Sinne und so wechselnd gebraucht, dass es durchaus nothwendig erscheint, diese Begriffe scharf zu definiren und ihnen eine bestimmte und bleibende Bedeutung beizulegen.

Die Zoologie (als Biologie der Thiere) gebraucht das Wort Anatomie meistentheils zur Bezeichnung der gesammten Structurverhältnisse des zu untersuchenden Organismus. Ursprünglich nur „Zergliederungskunde" und die daraus folgende Erkenntniss des inneren Baues der Organismen bedeutend, hat sich späterhin der Begriff der Anatomie dahin erweitert, dass man darunter die gesammte Lehre von den Form-Verhältnissen des entwickelten Organismus versteht, also nicht nur die Lehre von der inneren Zusammensetzung, sondern auch von der äusseren Form. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass die meisten sogenannten Zoologen mehr oder minder ausgesprochen einen Gegensatz von Systematik und Anatomie schon seit langer Zeit ausgebildet haben, und in der Praxis ist dieser Gegensatz so exclusiv geworden, dass die „reinen Systematiker" die Anatomie als gar nicht zur Zoologie gehörig betrachten und ebenso die „reinen Anatomen" die Systematik als eine ihnen fremde Wissenschaft ansehen. So stehen sich in der Anschauung sehr vieler Naturforscher (und nicht bloss vieler Zoologen) diese beiden Disciplinen ganz fremdartig einander gegenüber.

Dieses seltsame Verhältniss rührt daher, dass die grosse Mehrzahl aller Zoologen, die seit Linné und seit der durch diesen erfolgten Neubegründung der Zoologie als besonderer Wissenschaft sich deren Dienste gewidmet haben, von den eigentlichen Aufgaben der Zoologie entweder gar keine oder nur eine ganz dunkle Ahnung haben. Der allgemeine und schnelle Aufschwung, den Zoologie und Botanik durch Linné's ausserordentliche formelle Verdienste um die „systematische" Kenntniss der Thiere und Pflanzen, durch die von ihm eingeführte binäre Nomenclatur und systematische Ordnung nahmen, die Leichtigkeit nach einem auf kurze bündige Beschreibung gegründeten künstlichen Systeme sich in dem Chaos der zahllosen Gestalten zurecht zu finden, führte zu dem Irrthum, dass dieses System

selbst das Ziel der Wissenschaft sei, und dass man das System nur mit möglichst viel neuen Formen bereichern müsse, um sich um die zoologische und botanische „Wissenschaft" bleibende Verdienste zu erwerben. So entstand denn die grosse und traurige Schaar der „Museumszoologen" und der „Herbariumsbotaniker", die zwar in ihrem Museum und ihrem Herbarium auf das genaueste Bescheid wussten und jede von ihren tausend Species mit Namen auswendig benennen konnten, dafür aber auch von den gröberen und feineren Structurverhältnissen dieser Species, von ihrer Entwickelung und Lebensgeschichte, von ihren physiologischen und anatomischen Verhältnissen nicht das Mindeste wussten. Mit der wachsenden Zahl der verschiedenen Formen, die neu bekannt und benannt wurden, wuchs die Zahl dieser sammelnden „Systematiker", denen das Museum und Herbarium nicht Mittel und Material zum Studium der Organismen, sondern selbst Zweck wurde und die über diesem nebensächlichen Mittel den Hauptzweck ganz vergassen. So kam denn die Zeit, wo (wie Schleiden sehr treffend sagt) „ein Mann, der 6000 Pflanzen mit Namen zu nennen wusste, schon desshalb ein Botaniker, einer der 10,000 Pflanzen zu nennen wusste, ein grosser Botaniker genannt wurde", ein Missverständniss, welches auch in der Zoologie gleicherweise herrschte.

Wenn man bedenkt, welche unendlichen Massen der besten Kräfte und Mittel, welcher Aufwand von Arbeit und Mühe, von Geld und Zeit, von Papier und Druckerschwärze vergeudet wurde, bloss um möglichst viele verschiedene Formen in den zoologischen Museen und in den botanischen Herbarien aufzuspeichern, und wenn man mit diesem ungeheuren Aufwande von Mitteln den äusserst langsamen und unterbrochenen Fortschritt vergleicht, den der wirklich wissenschaftliche Kern der Zoologie und Botanik in dem ganzen vorigen Jahrhundert und in der ersten Hälfte des gegenwärtigen gemacht hat, so kann man nur in die gerechten Klagen und Vorwürfe einstimmen, welche Schleiden seiner Zeit gegen die herrschende Systematik auf dem Gebiete der Pflanzenkunde schleuderte. Leider steht es aber mit der Thierkunde nicht viel besser. Auch die grosse Mehrzahl der Zoologen vergass das Ziel der wissenschaftlichen Erkenntniss über der Beschaffung der Mittel und Wege, die dazu führen sollen. Das „System" wurde für diese wie für jene das Ideal und das eigentliche Ziel der Wissenschaft.

Im Grossen und Ganzen betrachtet haben nun die meisten dieser systematischen Bestrebungen, so weit sie sich lediglich mit Betrachtung, Unterscheidung und Benennung der äusseren Form der „Species" beschäftigen, nicht mehr Werth, als die gleichen systematischen Bestrebungen, welche zur Anlegung aller möglichen Curiositäten-Sammlungen führen. Auch die Liebhaber und Sammler von Kunst-Gegenständen aller Art können den gleichen Anspruch auf wissenschaftliche Leistung erheben. Systematisch geordnete Sammlungen von Wappen z. B., von alten Meubles, Waffen, Kostümen, von den neuerdings so beliebten Briefmarken und anderen derartigen Kunstprodukten können mit eben so viel Specifications-Sinn, mit eben so viel Freude und Interesse an den verschiedenen Formen und ihrer systematischen Gruppirung gepflegt werden und sind sehr häufig mit mehr logischem Sinne geordnet

und classificirt, als die Sammlungen von Schneckenschalen, Muschelschalen, Vogelbälgen u. s. w., deren Liebhaber „Zoologen" zu sein glauben. Man frage nur die sogenannten Ornithologen, die jede Vogel-Species mit Namen kennen, ob sie vom Bau der Federn, oder gar von der Structur des Gehirns und des Auges irgend eines Vogels, von der Entwickelungsgeschichte des Hühnchens im Ei, von den innigen Verwandtschaftsverhältnissen der Vögel zu den nächststehenden Reptilien irgend welche eingehende Kenntnisse besitzen? Oder man frage die Entomologen, die sich mit ihren kostbaren Käfer- und Schmetterlings-Sammlungen brüsten, ob sie den Bau und die Entwickelung der Chitinausscheidungen, mit deren Form sie sich ausschliesslich beschäftigen, kennen, ob sie die Entwickelungsgeschichte einer einzigen Form von Anfang an verfolgt haben, ob sie von den fossilen Insecten oder von den den Insecten nächstverwandten Spinnen etwas wissen? Leider wird man in den allermeisten Fällen auf die erstaunlichste Beschränktheit und auf die gröbste Unwissenheit in den wichtigsten Zweigen der Zoologie selbst auf dem kleinen und engbegränzten Felde stossen, welches diese „Systematiker" für ihr Specialfach ausgeben. So lange dieser systematische Dilettantismus, der mit der Heraldik und der Briefmarkologie vollkommen auf einer Stufe der „Wissenschaft" steht, nichts Anderes sein will, als eine harmlose Gemüths- und Augen-Ergötzung, kann man ihn ruhig gewähren lassen. Von λόγος ist in der einen Logie so viel als in der anderen. Sobald er aber den Anspruch macht, „Zoologie" oder „Phytologie" zu sein, muss er auf den ihm gebührenden Platz aufmerksam gemacht werden.

Nur durch das Ueberwuchern dieser ganz oberflächlichen Systematik, welche sich mit der Betrachtung der äusserlichsten und oberflächlichsten Formverhältnisse begnügte, und dennoch sich für die „eigentliche Zoologie" ausgab, war es möglich, dass der Gegensatz zwischen Systematik und Anatomie in der Weise sich ausbildete, wie er noch heutzutage von sehr vielen Seiten festgehalten wird. Diese Systematik, die sich so scharf der Anatomie gegenübersetzt, ist selbst nur ein ganz kleines und unbedeutendes Bruchstück derselben. Denn die Anatomie kann sich nicht begnügen mit der Erkenntniss bloss des inneren Baues, der Structur und Verbindungsweise der Organe, sondern sie muss zugleich stets die äussere Form mit in Betracht ziehen. Die Anatomie hat demnach die gröberen und feineren Form- und Structur-Verhältnisse des ganzen Körpers zu ermitteln. Jeder Zweifel an dieser Nothwendigkeit muss schwinden beim Studium der niedersten Organismen-Gruppen. Während es bei den höheren Thieren und Pflanzen wenigstens möglich ist, die Trennung zwischen „Systematik" als Lehre von der äusseren Form, und „Anatomie" als Lehre vom inneren Bau durchzuführen, so stösst diese künstliche Trennung dagegen bei den niederen Pflanzen und Thieren überall auf unüberwindliche Schwierigkeiten.

Anders als in der Zoologie hat sich der Begriff der Anatomie und ihr Gegensatz zur Systematik in der Botanik (als Biologie der Pflanzen) gestaltet. Da nämlich vorwiegend, vorzüglich wenn man die höheren Formen beider Reiche vergleicht, die Organ-Entwickelung bei den frei beweglichen Thieren im Innern des Körpers, bei den festsitzenden Pflanzen da-

gegen auf der Oberfläche stattfindet, so dass hier die äussere, dort die innere Form-Entfaltung vorherrscht, so ist die Morphologie, soweit sie die Gestaltung der Organe und nicht die der Elementartheile erfassen will, bei den höheren Pflanzen nur selten, bei den höheren Thieren dagegen immer genöthigt, in das Innere einzudringen und wirklich zergliedernd zur Anatomie zu werden. Von den Botanikern wird daher auch gewöhnlich unter Anatomie nur diejenige der Elementartheile, d. h. die Histologie verstanden, während die „gröbere Anatomie", welche bei den Thieren schlechtweg so genannt wird, hier bald Organologie, bald Morphologie genannt wird. Unter Organologie verstehen dagegen andere Botaniker (z. B. Schleiden) wieder die eigentliche Physiologie der Pflanzen, die wieder von Anderen mit der Biologie verwechselt wird.

Dagegen hat sich der Gegensatz zwischen Systematik und Morphologie im engeren Sinne oder Anatomie auf dem Gebiete der Botanik nicht so, wie auf dem der Zoologie entwickelt. Da hier eben die meisten Organe, wie vor allen die Ernährungs-Organe (Blätter, Wurzeln etc.) und die Fortpflanzungs-Organe (Blüthen, Früchte etc.) ganz äusserlich entwickelt sind, so mussten sie nothwendig von der Systematik weit mehr, als dies in der Zoologie der Fall war, berücksichtigt und benutzt werden, und lieferten meistens sogar die Hauptstütze derselben. Umgekehrt musste die thierische Systematik, da sie jedes Eindringen in das Innere des Körpers und somit jede tiefere Erkenntniss der Organisation vermied, zu den unbedeutendsten äusserlichen Form-Modificationen der äusseren Körperoberfläche und ihrer Anhängsel greifen, um ihre systematischen Charactere zu gewinnen.

So ist es denn gekommen, dass die Systematik im Sinne der Botaniker einen weit grösseren Theil der Anatomie (eigentlich nur die Histologie ausgeschlossen) umfasst, als im Sinne der Zoologen. Was diese letzteren Histologie nennen, heisst bei den ersteren Anatomie, und was die Botaniker gewöhnlich unter Organologie verstehen, ist bei den Zoologen ein Theil der Physiologie. Vergleicht man aber über diesen Gegenstand, der doch von so fundamentaler Wichtigkeit ist, eine grössere Anzahl von botanischen und zoologischen Handbüchern (namentlich die einleitenden Capitel zu morphologischen und physiologischen Werken) so wird man erstaunen über die unglaublichen Widersprüche und die gänzlich verschiedenen Ansichten, welche die verschiedenen Autoren über die wechselseitigen Beziehungen der Hauptzweige ihrer Wissenschaft hegen.

Soll eine gegenseitige Verständigung möglich werden, so ist es durchaus nothwendig, Inhalt und Umfang der einzelnen Disciplinen scharf zu umschreiben und die so gewonnene Definition des Wortes consequent in derselben Bedeutung festzuhalten. Wenn dies geschieht, ist es unseres Erachtens nicht schwer, auf sehr einfachem Wege eine befriedigende Lichtung und Klärung der Begriffe herbeizuführen.

Was zunächst die Systematik betrifft, so kann sie nicht, wie es bisher meist geschah, als eine besondere Wissenschaft der Morphologie gegenüber gestellt werden. In diesen Irrthum, der sehr verbreitet erscheint, ist selbst Victor Carus in seinem System der thierischen Morphologie verfallen, indem er gleich im Eingange sagt, dass die statische Biologie zwei ihrem innersten Wesen nach verschiedene Zweige der wissens-

lichen Erkenntniss führt. Der eine hiervon ist das Streben nach einer vollständigen Classification der Pflanzen und Thiere, die organische Systematik, Biotaxie, welche sich vorläufig mit dem Aufsuchen der Verwandtschaft der organischen Geschöpfe beschäftigt; der andere ist die Kenntniss von der äusseren und inneren Gestaltung derselben, die Anatomie, pflanzliche und thierische Formenlehre, Morphologie. In beiden wird die Organisation der Pflanze, des Thieres untersucht, jedoch bloss bei der letzteren als Object, bei der ersteren nur als Mittel zum Zweck. Während die Systematik nur so viel anatomische Thatsachen zu verwerthen braucht, als die organische Verwandtschaft zu ihrem Nachweise bedarf, sind die organischen Formen an sich Gegenstand der letzteren.“ Nach dieser Definition, die Carus noch weiter ausführt, würde also die Anatomie die eigentliche Formenlehre sein, indem sie die Formen der Organismen an sich in Betrachtung zieht, wogegen die coordinirte Systematik oder Biotaxie wesentlich eine Verwandtschaftslehre sein würde, welche die Organismen rücksichtlich ihrer Form vergleicht, sie darauf hin zu classificiren sucht, und aus der Vergleichung und Zusammenstellung der verwandten Formen das System construirt. Offenbar ist aber der Unterschied, der so nach Carus die Systematik und die Anatomie als zwei ihrem innersten Wesen nach verschiedene Zweige der Biostatik trennen würde, lediglich ein Unterschied einerseits der Methode oder der Betrachtungsweise, andererseits der formalen Darstellung. Die Systematik verfährt synthetisch, vergleichend, die Morphologie oder Anatomie dagegen, wie sie hier definirt ist, rein analytisch, nicht vergleichend. Es würde mithin auf dem Gebiete der thierischen Biostatik die letztere (die Morphologie) der „Zootomie“, die erstere (die Systematik) wesentlich der „vergleichenden Anatomie“ entsprechen. Denn die Verwandtschaftslehre, wie sie Carus hier zeichnet, ist nicht die gewöhnliche Systematik, sondern die vergleichende Anatomie in der Form des Systems; während die Morphologie oder Anatomie in dem dort bezeichneten Sinne die rein analytische Zootomie sein würde, welche die Formen der Thiere an sich untersucht, ohne sie vergleichend zusammen zu stellen und ohne sie in systematischer Form übersichtlich zu machen. Ein weiterer Unterschied zwischen Morphologie und Biotaxie, wie sie thatsächlich einander gegenüberstehen, würde nach der Definition von Carus darin bestehen, dass die Systematik sich mit einer oberflächlichen Erkenntniss des innern Baues begnügt, und vorzugsweise die äusseren Formen vergleicht, während die Anatomie den inneren Bau gründlich untersucht und der äusseren Form nur eine beiläufige Berücksichtigung schenkt. Dieser Unterschied hat sich allerdings in der Praxis zwischen Systematik und Morphologie herausgebildet; er beruht aber auf einer fehlerhaften und leichtfertigen Methode beider Disciplinen. Wenn die Systematik die wirklichen natürlichen Verwandtschafts-Verhältnisse der Organismen vollständig erkennen will, so bedarf sie der vollständigsten morphologischen Kenntnisse der inneren sowohl, als der äusseren Form-Verhältnisse. Die Anatomie ist dann also nur ein Theil der Systematik. Umgekehrt, wenn die Anatomie vollständige Morphologie der Organismen sein will, so muss sie nothwendig neben dem inneren

Bau ganz ebenso die äussere Form, und zwar vergleichend berücksichtigen, und wenn sie die so erworbenen Kenntnisse in kürzester Form zusammenfassen, und übersichtlich darstellen will, so muss sie sich dazu der Form des Systems bedienen. Die Systematik ist dann also nur die allumfassende Anatomie der Organismen in Form eines Specifications-Systems.

Wir haben hier absichtlich als Beispiel einer irrigen Auffassung des Verhältnisses der Systematik zur Morphologie die Definition von Victor Carus gewählt, weil dieser Morphologe sehr hoch über den meisten Anderen steht, und sich sonst besonders durch richtige Auffassung allgemeiner derartiger Beziehungen auszeichnet. Auch beweist sein „System der thierischen Morphologie" selbst, dass er diese Wissenschaft nicht in dem engen Sinne seiner Definition als „Erkenntniss der Form an sich" auffasst, sondern ihr das höhere Ziel einer wirklichen vergleichenden Verwandtschaftslehre steckt, wenn auch nicht in systematischer Form. Noch weit irriger, unklarer und dunkler sind aber die Vorstellungen, welche die meisten anderen Morphologen über den Werth und die gegenseitigen Beziehungen der Morphologie und ihrer einzelnen Zweige zur Systematik hegen. Wie überhaupt Ziel und Aufgabe der Morphologie und der einzelnen ihr untergeordneten Disciplinen meist gänzlich verkannt wird, und wie die wechselseitigen Beziehungen der Organologie und Anatomie, der Zootomie und vergleichenden Anatomie, in der verschiedenartigsten Weise betrachtet werden, so ist ganz besonders das Verhältniss der Morphologie zur Systematik von den verschiedenen Autoren in so gänzlich verschiedenem Sinne aufgefasst worden, dass es uns unerlässlich erscheint, diejenige bestimmte Auffassung dieses Verhältnisses, welche wir für die allein richtige halten, an diesem Orte ausführlich zu begründen.[1])

[1]) Es gilt hier von der Systematik dasselbe, was leider von so vielen Arbeiten auf den anderen oben genannten Gebieten behauptet werden muss. Mit wie vielen „vergleichend anatomischen" und „comparativ morphologischen" Arbeiten hat uns die neuere Zeit beschenkt, in denen kaum eine Spur von „Vergleichung" zu entdecken ist! Wie viele „anatomische" und „zootomische" Monographieen lassen in ihrer Untersuchung die wesentlichsten morphologischen Beziehungen, z. B. die äusseren Form-Verhältnisse, ganz ausser Acht! Wie viele „morphologische" Untersuchungen erscheinen nicht, die weder von Logik, noch von Logos die Spur an sich tragen; und in denen man den λόγος ebenso wenig erblicken kann, als in den descriptiven „systematischen" Arbeiten auf dem Gebiete der Ornithographie, Entomographie, Malakographie etc., die sich allerdings mit dem Namen der Ornithologie, Entomologie, Malakologie u. s. w. brüsten. Die Form des Systems, welche zunächst eben nur die übersichtlichste und bequemste Darstellungsform der complicirten verwandtschaftlichen Beziehungen der Organismen sein soll, ist an sich das Ziel der Bestrebungen und der Endzweck der Morphologie geworden, während der Inhalt selbst dabei in der oberflächlichsten Weise vernachlässigt worden ist. Nach unserer Ansicht kann allerdings das System wirklich als der höchste Zweck der Wissenschaft hingestellt werden; dann muss es aber nach Inhalt und Form gleich vollendet sein. Der Inhalt muss durch die Form des Systems nur seinen übersichtlichsten und kürzesten Ausdruck finden.

Die Systeme der Organismen, deren Construction gewöhnlich als die Hauptaufgabe der sogenannten Systematik hingestellt wird, und welche einen so grossen Bestandtheil der zoologischen und botanischen Literatur ausmachen, führen uns die verschiedenen Formen der Organismen in einer übersichtlich geordneten Reihenfolge vor, indem sie dieselben specificiren oder classificiren, indem sie nach dem grösseren oder geringeren Grade der Verwandtschaft, d. h. der Formähnlichkeit, die verwandten oder ähnlichen Formen in kleinere und grössere Gruppen ordnen. Welchen Werth und welche Bedeutung diese Gruppenbildung oder die Specification hat, wird im sechsten Buche ausführlich auseinander gesetzt werden.

Bekanntlich werden diese zoologischen und botanischen Systeme allgemein in natürliche und künstliche Systeme eingetheilt, und der Unterschied dieser beiden Classifications-Weisen gewöhnlich dahin bestimmt, dass die ersteren die organischen Formen im Ganzen vergleichend betrachten und demnach aus der Gesammtheit aller ihrer morphologischen Eigenthümlichkeiten sich ein Bild von ihrem verwandtschaftlichen Zusammenhange machen, während dagegen die künstlichen Systeme nur ein einziges oder einige wenige Merkmale der Formen herausnehmen und diese als Classifications-Basis benutzen. Dass diese letzteren keinen wissenschaftlichen Werth haben, und lediglich zum analytischen Bestimmen, zur speciellen Orientirung in dem Chaos der mannichfaltigen Gestalten dienen können, liegt auf der Hand und wird allgemein anerkannt. Ueber Werth und Bedeutung des sogenannten natürlichen Systems dagegen wurden früher und noch heutzutage die verschiedensten Ansichten laut. Nach der Ansicht der Einen giebt es ein natürliches System, nach der Ansicht Anderer mehrere; noch Andere aber leugnen seine reale Existenz völlig. Ohne auf diese sehr verschiedenen Ansichten und auf die sehr weitläufigen und oft höchst seltsamen Streitigkeiten, welche über diese Frage geführt worden sind, hier einzugehen, wollen wir nur ganz kurz unsere eigene Ansicht von der Bedeutung des natürlichen Systems darlegen, welche unten im sechsten Buche noch näher begründet werden soll.

Nach unserer Ansicht giebt es ein natürliches System der Organismen, und dies System ist der natürliche Stammbaum der Organismen, welcher uns den realen verwandtschaftlichen Zusammenhang, die Blutsverwandtschaft zwischen allen Organismen enthüllt, die ursprünglich von einer und derselben Stammform abstammen. Indem nun das natürliche System zahlreiche engere und weitere über und neben einander geordnete Gruppen bildet, indem es die zahlreichen verwandten Formen classificirt, drückt es durch die Einreihung der einzelnen verwandten Formen in diese Gruppen den verschiedenen

Grad der Verwandtschaft in der kürzesten und übersichtlichsten Form aus und gewährt uns auf dem engsten Raume den klarsten Einblick in die verwickelten Beziehungen jenes Stammbaumes. Dasselbe also, was die Morphologie in allen Einzelnheiten ausführlich begründet, was sie als „vergleichende Anatomie" durch ausgedehnte synthetische Untersuchungsreihen nachweist, was sie als comparative „Embryologie" durch die Uebereinstimmung der individuellen Entwickelungsgeschichten, als Palaeontologie durch die parallelen Entwickelungsreihen der Stämme nachweist, dasselbe soll uns das wahre natürliche System auf dem engsten Raume in der kürzesten, übersichtlichsten und klarsten Form auf einen Blick enthüllen. Das natürliche System der Organismen verhält sich demgemäss nach unserer Anschauung zur gesammten Morphologie, wie der Stammbaum einer alten preussischen Adels-Familie oder einer arabischen Pferde-Familie, der in Form einer einzigen übersichtlichen Stammtafel das gesammte historische Verwandtschafts-Verhältniss derselben enthüllt, sich zu ihrer ausführlichen Familien-Chronik sammt speciellen Biographieen aller einzelnen Individuen verhält.

Freilich sind dann von unserem Standpunkte aus ganz andere Anforderungen an das natürliche System zu machen, als die meisten derartigen Systeme bisher erfüllt haben. Wir verlangen als Grundlage jedes wirklich natürlichen Systems die ausgedehnteste Berücksichtigung sämmtlicher morphologischer Verhältnisse der betreffenden Organismengruppe. Wir verlangen gleichmässig eingehende und sorgfältige Berücksichtigung aller inneren und äusseren Formverhältnisse, der gröberen und feineren Structur, gleichmässig vollständiges und übersichtliches Eingehen auf alle embryologischen und palaeontologischen Verhältnisse der betreffenden Gruppe, auf alle Entwickelungsreihen der physiologischen und der genealogischen Individuen. Während nun so das natürliche System alle verschiedenen morphologischen Verhältnisse der Organismen in der kürzesten, klarsten und übersichtlichsten Weise auf dem engsten Raum darstellen soll, wird doch durch diese übersichtliche Darstellung selbst ein Verhältniss vor allen bedeutend in den Vordergrund treten, welches gewissermaassen der concentrirte Extract aller vergleichenden Morphologie ist: das verschiedene Verwandtschafts-Verhältniss aller Formen, die von einer und derselben Stammform abstammen. Wenn das natürliche System die von uns gestellten Anforderungen erfüllt, so wird es dann von selbst zur natürlichen „Verwandtschaftslehre" oder Genealogie der Organismen. Wir werden aber desshalb keineswegs genöthigt sein, einen besonderen Wissenschaftszweig für diese Disciplin zu begründen. Vielmehr ist diese genealogische Systematik dann der wesentlichste Kern der gesammten Morphologie der Organismen selbst.

Wenn diese unsere Auffassung richtig ist — und wir können nicht daran zweifeln — so können wir nicht länger die Systematik als eine besondere Wissenschaft neben der Morphologie fortführen, oder sie als einen besonderen Zweig derselben betrachten. Es ist dann vielmehr die Systematik der concentrirte Extract aller Resultate der gesammten Morphologie selbst; es ist lediglich die übersichtliche und compacte Darstellungsform, welche die Systematik auszeichnet, während der Morphologie die Aufsuchung und Begründung, die Erklärung und specielle Betrachtung aller der einzelnen morphologischen Verhältnisse anheimfällt, über welche uns das System gewissermassen ein übersichtlich nach der Blutsverwandtschhft geordnetes Sach- und Namen-Register liefert.

Die Kluft, welche diese unsere Auffassnng des Verhältnisses der Systematik zur Morphologie von den gewöhnlichen Ansichten der Systematiker trennt, ist freilich gross. Wir können aber in der Systematik, soll sie überhaupt eine wissenschaftliche Aufgabe verfolgen, und nicht blosse Spielerei zur Gemüths- und Augen-Ergötzung sein, nichts Anderes — und, sagen wir, nichts Geringeres — finden, als die systematische Darstellungsform der gesammten Morphologie selbst. Die sogenannte Systematik der Thiere und Pflanzen ist die concentrirte Morphologie der Organismen im knappen systematischen Gewande.

Freilich sind die allermeisten Systeme unserer Zeit noch sehr weit entfernt davon, dieser Anforderung sich auch nur zu nähern. Da finden wir Hunderte und Tausende von einzelnen Formen beschrieben, die man ganz willkührlich als „Species" bezeichnet. Diese werden kurz mit ihren unterscheidenden Characteren aufgeführt, und dann die nächstverwandten Arten in eine Gattung, die verwandten Gattungen in eine Familie zusammengestellt u. s. w. Je höher wir in den Kategorieen des Systems hinaufsteigen, desto kürzer und unvollkommener wird meist ihre Charakteristik, während diese gerade bei den höheren und umfassenderen Kategorieen (Klasse, Ordnung etc.) am ausführlichsten und vollständigsten alle wesentlichen Charactere kurz hervorheben sollte. Gewöhnlich wird aber diese Hauptaufgabe der Systematik, namentlich die Begründung der Blutsverwandtschafts-Verhältnisse, vollkommen über der ganz untergeordneten Aufgabe der Species-Unterscheidung übersehen. [1])

[1]) Die noch fast überall verbreitete Verkennung dieser eigentlichen hohen Aufgabe des Systems lässt sich nur durch die mangelhafte allgemein-morphologische Bildung und durch den gänzlichen Mangel an Uebersicht der Morphologie erklären, der die meisten Systematiker auszeichnet. In der That sieht die grosse Mehrzahl, wie das Sprichwort sagt, „den Wald vor lauter Bäumen nicht." Wie Schnecken oder flügellose Insecten-Larven kriechen sie unter der Rinde und auf den einzelnen Blattern der Bäume umher, aus deren Verwandtschafts-Beziehungen sie die

Die gegenwärtig leider noch fast allgemein herrschende systematische Kleinigkeitskrämerei und Speciesfabrication verhält sich zur Systematik der Zukunft, deren Aufgabe wir hier formuliren, ungefähr so, wie etwa die Statistik einzelner Staaten, die Chronikschreiberei einzelner Städte und die Biographie einzelner Menschen zu der Völkergeschichte (oder sogenannten Weltgeschichte), welche die Aufgabe des Historikers ist. Wie der Historiker den gesetzmässigen Zusammenhang in der Masse der einzelnen Erscheinungen erfassen und aus den Biographieen der einzelnen hervorragenden Individuen, den Chroniken der Städte und den Statistiken der Staaten sich das Bild der Völker und die Entwickelungsgeschichte der Nationen construiren soll, so soll der Systematiker als wirklicher vergleichender Morphologe aus der Kenntniss der Species sich das Bild der Klasse, und aus der Entwickelungsgeschichte der Arten diejenige der Stämme construiren. Die Geschichtstabellen des Historikers sollen dasselbe für die Völkergeschichte, wie das morphologische System für die Geschichte der Organismen leisten.

Die **A n a t o m i e** haben wir bereits oben als die **L e h r e v o n d e r v o l l e n d e t e n F o r m d e r O r g a n i s m e n** definirt und sie als solche der coordinirten Morphogenie oder Entwickelungsgeschichte entgegengesetzt, welche die Lehre von der werdenden Form der Organismen ist. Wenn man die Entwickelungs-Geschichte, wie es streng genommen bei vollkommener Erkenntniss ihrer Gesetze der Fall sein müsste, von der Morphologie trennen und als dynamische Disciplin zur Physiologie hinüberstellen wollte, so würde die Anatomie (im weitesten Sinne) als alleiniger Inhalt der Morphologie übrig bleiben und würden mithin diese beiden Begriffe zusammenfallen.

Welches Verhältniss die Anatomie im Ganzen zur Systematik hat, der man sie so häufig als eine besondere coordinirte Disciplin gegenüberstellt, wird aus dem Vorhergehenden klar geworden sein. Es ist hier nur nochmals ausdrücklich zu wiederholen, dass die Anatomie die **g e s a m m t e** vollendete Form des Organismus (d. h. äussere Gestalt und innere Structur-Verhältnisse) zu betrachten hat, und dass es auf einer vollkommen schiefen Auffassung beruht, wenn man, wie es

---

Kategorieen ihres Systems bilden sollten. Wie viele Morphologen (sowohl Anatomen als Systematiker) giebt es nicht, die ihre Lebtage nicht von einem solche[illegible] Blatte heruntergekommen, die niemals unter der Baumrinde hervorgekrochen sin[illegible] und die dennoch in dem Wahne arbeiten, eine vollkommene Uebersicht des ga[illegible]zen Baumes nicht nur, sondern des ganzen Waldes zu haben! Diese Uebersi[illegible] kann nur das vollendete Insect sich erwerben, welches den flügellosen Larve[illegible]stand überwunden, die Puppenhülle abgestreift und sich mittelst seiner F[illegible] über den engen Bezirk der Einzelbetrachtung erhoben hat, auf welche es i[illegible]gellosen Zustande allein beschränkt war.

sehr häufig geschieht, der Anatomie bloss die Untersuchung des inneren Organismus, der Systematik dagegen die Darstellung der äusseren Form desselben zuweisen will. Aeussere Gestalt und innere Structur und Zusammensetzung sind so unzertrennlich verbunden, dass jede gesonderte Betrachtung des Einen und des Anderen nur zu einer unvollständigen und daher fehlerhaften Erkenntniss des Organismus führen kann. Beide fallen gleichmässig der Anatomie und der Systematik anheim, und die letztere soll nur das Wichtigste desjenigen in kürzester übersichtlicher Form darstellen, was die erstere auf ihrem langen mühsamen Wege im Einzelnen alles gewonnen und ausführlich bewiesen hat.

Wollen wir den üblichen Unterschied von Anatomen und Systematikern, der in der zoologischen und botanischen Praxis so vielfach gebraucht wird, festhalten, so können wir nur sagen: der „reine Systematiker" begnügt sich mit der oberflächlichsten Erkenntniss der Organismen und legt allen Werth auf möglichst extensive (und möglichst wenig intensive!) Kenntniss zahlreicher verschiedener Formen und ihrer äusserlich unterscheidenden Charaktere. Er versteht wenig oder nichts von den wesentlichsten und den für die Erkenntniss der Verwandtschaft wichtigsten (inneren) Form-Verhältnissen. Der „reine Anatom" dagegen legt auf letztere mit Recht den Hauptwerth, kommt dadurch der Erkenntniss der wahren Blutsverwandtschaft der Organismen viel näher und nähert sich beim Aufbau eines Systems viel mehr dem natürlichen Systeme, als es der eigentliche Systematiker thut, der nur die äusseren, viel minder wichtigen Charactere benutzt. Die letzteren sind viel unzuverlässiger, weil sie grossentheils nur durch Anpassung erworben sind, während die inneren oder anatomischen Charactere weniger durch Anpassung verändert sind, und daher den erblichen Character des gemeinsamen Stammes in weit höherem Grade, als die äusseren Körperformen beibehalten haben. Dagegen verliert der exclusive reine Anatom, welcher die Systematik vernachlässigt, dadurch den Ueberblick der unendlichen Formen-Mannichfaltigkeit, welche durch das innere Band der Verwandtschaft zu einem harmonischen Ganzen geordnet wird, und die Genealogie der Organismen, die Phylogenie oder Entwickelungsgeschichte der Stämme (Phyla) bleibt ihm verschlossen.

Wenn bei den höheren Thieren, insbesondere bei den Wirbel-, Glieder- und Weichthieren der übliche Sprachgebrauch noch einigermaassen im Stande ist, die Systematik als „Betrachtung der äusseren Körperform" von der Anatomie als „Betrachtung des inneren Körperbaues" zu unterscheiden, so ist dagegen diese Unterscheidung bei den meisten niederen Thieren, ebenso wie bei den meisten Pflanzen, ganz unmöglich. Bei allen rein mikroskopischen Organismen, sowie bei allen vollkommen durchsichtigen Thieren fällt von selbst die Betrachtung des inneren und äusseren Organismus zusammen. Hier ist eine Anatomie im eigentlichen Sinne des Worts, eine Zergliederungskunde, in den meisten Fällen weder nöthig, noch überhaupt nur möglich. Wo, wie bei den meisten Coelenteraten

und den meisten Phanerogamen, die Organentwickelung vorwiegend äusserlich ist und an der Oberfläche des Körpers stattfindet, da ist eine Untersuchung des inneren feinen Baues für die organologische (nicht histologische) Erkenntniss durchaus überflüssig. Aus diesem Grunde hat denn auch bei den Botanikern der Begriff der „Anatomie“ die Bedeutung der „Histologie“ gewonnen, während sie die „eigentliche Morphologie,“ d. h. die auf die äussere Form beschränkt bleibende Organologie jener inneren „Anatomie“ (die sich aber bloss mit den Geweben, nicht mit den Organen beschäftigt) gegenüberstellen. So gelangt z. B. Schleiden zu dem Ausspruche, dass, wenn man das Wort Anatomie in seiner eigentlichen, ursprünglichen Bedeutung nimmt, es gar keine Pflanzenanatomie giebt, oder doch nur höchstens bei den Fortpflanzungsorganen einiger weniger Pflanzen. „Wenn wir aber Anatomie als die Lehre von den Organen ansehen, so wird dieselbe Wissenschaft bei den Thieren vorzugsweise eine Untersuchung des Inneren (Anatomie), bei den Pflanzen eine Betrachtung des Aeusseren (Morphologie).“ Indess lässt sich diese Unterscheidung durchaus nicht streng durchführen. Wir dürften sonst auch bei den meisten Coelenteraten und insbesondere bei den Anthozoen und Hydroidpolypen nicht von Anatomie reden, ebenso nicht bei den meisten Protisten etc. Es ist allerdings richtig, dass, wenn wir unter Anatomie nicht bloss die durch Zergliederung, mit Messer und Pincette erworbenen Kenntnisse, sondern die Gesammtwissenschaft von der vollendeten Form (äusseren Gestalt und innerem Bau) des Organismus verstehen, die ursprüngliche Bedeutung des Worts als „Zergliederungskunde“ verloren geht. Allein mit wie unendlich vielen anderen Begriffen ist es ganz derselbe Fall! Brauchen wir ja doch die allermeisten wissenschaftlichen Begriffe nicht in ihrer ursprünglichen und eigentlichen, sondern in einer abgeleiteten und metaphorischen Bedeutung! So hat sich z. B. der Begriff der Physiologie, der ursprünglich mit Biologie identisch war, gegenwärtig bedeutend durch die fortschreitende Arbeitstheilung in der wissenschaftlichen Praxis verengt. Umgekehrt hat sich in der letzteren thatsächlich der Begriff der Anatomie immer mehr erweitert, und wir dürfen, wenn wir den Begriff bestimmt umschreiben und uns dabei an die gegebenen Verhältnisse möglichst anlehnen wollen, unter Anatomie nichts Anderes verstehen, als die gesammte Wissenschaft von der vollendeten (inneren und äusseren) Form der Organismen. Dabei ist es vollkommen gleichgültig, ob wir dabei zergliedernd, oder lediglich beobachtend in das Geheimniss des inneren Baues eindringen, ob wir dabei Messer und Pincette, oder bloss Auge und Mikroskop verwenden.

IV. Organologie und Histologie.

Um unsere Eintheilung der Anatomie in Tectologie und Promorphologie zu rechtfertigen, ist es nöthig, die Unbrauchbarkeit und Unvollständigkeit der bisher üblichen Eintheilung der Anatomie nachzuweisen. Wir können daher hier eine kurze Erörterung der letzteren nicht umgehen.

Wie schon bemerkt, ist die Eintheilung der Anatomie in untergeordnete Disciplinen, ebenso wie ihr Begriff selbst, auf den verschiedenartigen Gebieten der Biologie und von den verschiedenen Autoren in sehr abweichender und mannichfaltiger Weise aufgefasst worden. Als die wichtigsten und allgemein gültigsten Ansichten dieser Verhältnisse dürfen wohl in erster Linie Anspruch auf Beachtung die anatomischen Behandlungsweisen desjenigen Organismus machen, der am genauesten von allen untersucht und der am längsten Gegenstand anatomischer Forschungen gewesen ist, die Anatomie des Menschen selbst.

Die Anatomie des Menschen, welche in der That nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauch vollkommen dem Begriffe der Anatomie entspricht, wie wir ihn als „die gesammte Formenlehre des vollendeten Organismus" hingestellt haben, wird von den verschiedenen Anthropotomen selbst wieder in sehr abweichender Weise in untergeordnete Disciplinen eingetheilt. Viele von diesen Disciplinen sind gar keine Wissenschaften, sondern Künste, so z. B. die sogenannte praktische Anatomie, die topographische Anatomie, die chirurgische Anatomie, die plastische Anatomie. Andere von diesen Disciplinen behandeln die Lehre von den Formen des Organismus, wie sie sich unter bestimmten Bedingungen modificirt haben, so z. B. die pathologische Anatomie. Alle diese Zweige der menschlichen Anatomie kommen natürlich hier nicht in Betracht; ebenso sehen wir von den seltsamen Eintheilungen älterer Anatomen ab.

Die wissenschaftliche Anatomie des Menschen, die sogenannte „normale Anatomie," wird von den meisten Anthropotomen in zwei Hauptzweige eingetheilt, die Anatomie der Organe und die Anatomie der Elementartheile. Letztere wird gewöhnlich als **Histologie**, erstere oft als **Organologie** bezeichnet. Beide Wissenschaften untersuchen die gesammten Formqualitäten von bestimmten Formbestandtheilen des Körpers, also ihre äussere Gestalt und inneren Bau, ihre gegenseitige Lagerung und Verbindungsweise, ihre Grösse und Farbe, ihre Zusammensetzung aus untergeordneten Formbestandtheilen u. s. w. Die **Histologie** untersucht in allen diesen Beziehungen die feineren und kleineren, dem blossen Auge meist nicht wahrnehmbaren Formbestandtheile oder die sogenannten Elementartheile (Zellen und Zellenderivate) und die aus ihnen zunächst zusammengesetzten „Gewebe;" die **Organologie** dagegen beschäftigt sich in allen genannten Beziehungen mit den sogenannten „gröberen" und grösseren Formbestandtheilen, welche aus jenen zusammengesetzt sind und welche man allgemein als „Organe, Organ-Systeme, Organ-Apparate" u. s. w. zusammenfasst. Die Histologie oder Gewebelehre wird auch häufig sehr unpassend mit dem Namen der „allgemeinen Anatomie" oder der

„mikroskopischen Anatomie“ bezeichnet. Die Organologie oder Organlehre wird ihr unter dem ebenso unpassenden Namen der „besonderen oder speciellen,“ der beschreibenden oder descriptiven, oder der systematischen Anatomie (letzteres im Gegensatz zur „topographischen“ Anatomie) entgegengesezt.

Der Unterschied, worauf man diese fast allgemein übliche Eintheilung der Anatomie in die Organologie und Histologie gründet, liegt also weder in der verschiedenen Behandlungsmethode des Anatomen, noch in den verschiedenen Qualitäten oder Beziehungen des einzelnen an sich betrachteten Formbestandtheiles des Körpers, sondern in dem differenten Verhalten der verschiedenen Formbestandtheile zu einander und zum ganzen Körper. Es ist der qualitative Unterschied der „Gewebe“ und „Elementartheile“ von den „Organen,“ worauf jene Unterscheidung basirt, und nicht etwa der Unterschied der verschiedenen Beziehungen und Eigenschaften, welche das einzelne Organ oder der einzelne Elementartheil oder das einzelne Gewebe an sich zeigt.

Beiderlei Formbestandtheile des Organismus, die gröberen und zusammengesetzteren oder Organe, und die feineren und einfacheren oder Elementartheile und Gewebe, gehören zu denjenigen räumlich abgeschlossenen Formeinheiten, welche wir oben als „Individuen verschiedener Ordnung“ bezeichnet haben. Die übliche Eintheilung der Anatomie in die Organologie und Histologie würde nun haltbar und logisch richtig sein, wenn die Organe und die Elementartheile die einzigen derartigen Individuen verschiedener Ordnung wären, welche den Organismus zusammensetzen. Nun haben wir aber, wie im dritten Buche gezeigt werden wird, nicht diese zwei, sondern sechs verschiedene Ordnungen von Individuen zu unterscheiden, welche das complicirte Gebäude des Organismus zusammensetzen. Diese sechs Ordnungen von subordinirten Individuen sind: 1. die Plastiden (Cytoden und Zellen) oder die sogenannten „Elementartheile;“ 2. die Organe (selbst wieder verschiedener Ordnung: Zellenstöcke, einfache und zusammengesetzte Organe, Organ-Systeme, Organ-Apparate); 3. die Antimeren oder Gegenstücke, oder homotypischen Theile; 4. die Metameren oder Folgestücke, oder homodynamen Theile; 5. die Personen oder Prosopen, oder Individuen im engeren Sinne; 6. die Stöcke oder Cormen, Colonieen etc.

Will man nun die qualitativen Unterschiede, welche zwischen diesen Individuen verschiedener Ordnung herrschen, zur Eintheilungsbasis der Anatomie machen, so wird man nicht nur die üblichen zwei Disciplinen der Histologie und Organologie, sondern man wird deren sechs verschiedene unterscheiden müssen. Jede dieser Wissenschaften wird zur Aufgabe die gesammte Formenlehre der Individuen einer

und derselben Ordnung haben. Die Aufgaben der sechs Disciplinen würden in folgender Weise zu bestimmen sein:

1. **Histologie** oder Plastidologie, die **Anatomie der Plastiden** (Cytoden und Zellen) oder der „Elementartheile" (die Formenlehre der „Zelle" etc.). Diese Wissenschaft würde im Ganzen der gegenwärtig geltenden „Gewebelehre" entsprechen, nur dass wir die Behandlung der sogenannten „höheren Elementartheile" und der sogenannten „zusammengesetzten Gewebe" ausschliessen würden, da diese complexen Formelemente bereits zu den Organen gehören.

2. **Organologie** oder Organlehre, die **Anatomie der Organe**. Da die Organe selbst wiederum sich nach den niederen und höheren Graden ihrer Zusammensetzung als Organe von fünf verschiedenen Ordnungen unterscheiden lassen, so würde sich die Organologie weiter gliedern in 1) die Anatomie der Zellenstöcke oder Cytocormen; 2) die Anatomie der einfachen oder homoplastischen Organe; 3) die Anatomie der zusammengesetzten oder heteroplastischen Organe; 4) die Anatomie der Organ-Systeme; 5) die Anatomie der Organ-Apparate.

3. **Antimerologie** oder Homotypenlehre, die **Anatomie der Antimeren** (Gegenstücke) oder homotypischen Theile. Dieser wichtige und selbstständige Zweig der Anatomie ist bis jetzt so gut wie gar nicht cultivirt und doch ist er für das tiefere Verständniss der Gesammtform des Organismus von der grössten Bedeutung. Ist es doch lediglich das verschiedenartige Verhältniss der Antimeren zu einander und zum Ganzen, welches die allgemeine Grundform, den „strahligen" oder „regulären" und „bilateralen" oder „symmetrischen" Bau etc. bedingt.

4. **Metamerologie** oder Homodynamenlehre, die **Anatomie der Metameren** (Folgestücke) oder homodynamen Theile. Auch dieser wichtige und selbstständige Zweig der Anatomie ist bis jetzt im höchsten Grade vernachlässigt, und doch ist auch die Bildung der Metameren für die charakteristischen Gesammtformen der Organismen von der allergrössten Bedeutung. Da die Metamerenbildung allein es ist, welche die äussere Gliederung der Articulaten und die innere Gliederung der Vertebraten bestimmt, da auf ihr allein die Bildung der Stengelglieder bei den Phanerogamen beruht, so bedarf es für die grosse Zukunft, welche auch dieser Zweig der Anatomie haben wird, keines Beweises.

5. **Prosopologie** oder Personenlehre, die **Anatomie der Personen oder Prosopen**, welche man bei den höheren Thieren gewöhnlich schlechtweg als Individuen bezeichnet. Da bei den letzteren, insbesondere bei den Wirbel- und Glieder-Thieren, sowie bei den Echinodermen, das physiologische Individuum stets in der Form des morphologischen Individuums fünfter Ordnung oder der Person erscheint,

so würde dieser Zweig der Anatomie hier Alles zu behandeln haben, was sich auf die Form des Organismus als Person bezieht, also die gesammte äussere Form des Ganzen, seine Zusammensetzung aus den untergeordneten Individuen niederer Ordnung, und insbesondere die Gesetze, nach denen die Metameren und Antimeren zur Bildung des Ganzen zusammentreten. Da dieser Zweig der Anatomie bei denjenigen Organismen, bei denen das physiologische Individuum als Person (nicht als Metamer etc.) auftritt, ganz vorzugsweise die äussere Gestalt, und die äussere Topographie des Organismus zu berücksichtigen hätte, so würde hierher namentlich ein grosser Theil sogenannter Systematik zu ziehen sein.

6. Cormologie oder Stocklehre, die Anatomie der Stöcke (Cormen) oder Colonieen. Auch dieser ebenso wichtige als interessante Zweig der Anatomie ist gleich der Antimerenlehre und der Metamerenlehre noch in hohem Grade vernachlässigt, wie sich dies schon daraus ergiebt, dass nicht einmal irgend eine technische Bezeichnung für diese drei wichtigen Disciplinen existirt, und dass wir gezwungen gewesen sind, einen neuen Namen dafür zu bilden. Die Cormologie ist natürlich nur bei denjenigen Organismen möglich, welche wirklich morphologische Individuen sechsten Grades oder Stöcke (Colonieen) bilden, also im Thierreiche nur bei den niederen Thieren, insbesondere bei den Coelenteraten; im Pflanzenreiche dagegen, wo die Stockbildung so allgemein herrschend ist, bei der grossen Mehrzahl aller Pflanzen. Die Aufgabe der Cormologie würde in der gesammten Anatomie der Stöcke bestehen, also in der Untersuchung ihrer äusseren Gesammtform, und in der Erforschung der Gesetze, nach denen die Personen zur Bildung der Stöcke zusammentreten. Aus dem botanischen Gebiete würde die Lehre von der Sprossfolge hierher gehören.

V. Tectologie und Promorphologie.

Wenn wir so eben als Zweige der Anatomie sechs verschiedene Disciplinen unterschieden haben, welche die gesammte Anatomie der Individuen von sechs verschiedenen Ordnungen behandeln, so legten wir dabei als Eintheilungsprincip die Unterschiede zu Grunde, welche sich zwischen diesen sechs Ordnungen von Individuen wirklich vorfinden. Diese Eintheilungsweise der Anatomie besteht insofern zum Theil thatsächlich, als zwei der so entstehenden Disciplinen, die Organologie und die Histologie, wirklich von den meisten Anatomen als die beiden Hauptzweige der Anatomie angesehen werden. Dagegen bestehen die vier anderen, ihnen coordinirten Disciplinen zwar zum Theil, unter einem selbstständigen Namen aber noch gar nicht; und der Gegenstand, den sie behandeln, wird entweder ganz vernachlässigt

(wie die Antimerologie) oder er wird unmerklich in die Organologie verflochten (wie die Prosopologie). Will man jenes Eintheilungsprincip beibehalten und consequent sein, so muss man alle sechs Wissenschaften als coordinirte Hauptzweige der Anatomie betrachten.

Will man diese sechs anatomischen Disciplinen dann weiter eintheilen, so würde jede derselben in zwei Wissenschaftszweige zerfallen, einen tectologischen und einen promorphologischen. Ersterer würde die Zusammensetzungsart, letzterer die äussere Gestalt und die Grundform, welche jedem Individuum einer bestimmten Ordnung zum Grunde liegt, zu behandeln haben. Nehmen wir z. B. die Organologie, so würde der tectologische Theil derselben die Art und Weise zu beschreiben und die Gesetze zu erläutern haben, nach denen das zusammengesetzte Organ aus den einfacheren, und diese aus den Plastiden zusammengesetzt sind. Der promorphologische Theil der Organologie würde hieraus die äussere Gestalt des betreffenden Organs erklären und die geometrische Grundform desselben aufzusuchen haben. Oder nehmen wir, um ein concretes Beispiel zu wählen, die Prosopologie eines sogenannten bilateral-symmetrischen Seeigels, z. B. eines *Spatangus* oder *Clypeaster*, so würde der tectologische Theil derselben die Zusammensetzung des gesammten Körpers aus den fünf verschiedenen Antimeren und den zahlreichen Metameren zu beschreiben und zu erklären haben, wogegen der promorphologische Theil die hieraus resultirende äussere Form zu beschreiben und die stereometrische Grundform zu erklären hätte, die der letzteren zu Grunde liegt. Oder um ein concretes Beispiel aus dem Pflanzenreich hinzuzufügen, so würde die Cormologie eines Baumes in einen tectologischen Theil zerfallen, der die Zusammensetzung desselben aus seinen zahlreichen Sprossen darzulegen und auf Gesetze zurückzuführen hätte; und in einen promorphologischen Theil, welcher die hieraus hervorgehende Gesammtform zu untersuchen und auf eine geometrische Grundform zu reduciren hätte.

Wir selbst haben es oben (p. 30) vorgezogen, den Unterschied zwischen der Zusammensetzungsweise des Organismus aus verschiedenen Theilen (Ordnungen von Individuen) und der daraus resultirenden Form (nebst der ihr zu Grunde liegenden geometrischen Grundform) als oberstes Eintheilungs-Princip an die Spitze der gesammten Anatomie zu stellen, und erst in zweiter Linie die Unterschiede zwischen den Individuen verschiedener Ordnung selbst näher in Betracht zu ziehen. Es scheint uns diese Methode desshalb passender, weil dadurch die einheitliche Betrachtung des vorliegenden Objectes besser gewahrt bleibt, und weil es ausserdem nur mittelst dieser Methode möglich ist, die Anatomie aller Organismen gleichmässig zu behandeln und einzutheilen. Letzteres ist nicht möglich, wenn man

die Anatomie von vorn herein in die sechs soeben besprochenen coordinirten Zweige spaltet; denn es giebt zahlreiche Organismen, welche als physiologische Individuen bloss den morphologischen Werth eines Organs oder eines Metamers erhalten, und welche sich niemals zum Range einer Person oder eines Stockes erheben.

Aus diesen Gründen und aus anderen, die sich aus den Betrachtungen des dritten und vierten Buches von selbst ergeben werden, benutzen wir also den wichtigen Unterschied zwischen der Zusammensetzungsweise oder Tectonik (Structur) und der hieraus resultirenden (inneren und äusseren) Form des Organismus, welcher sich an eine geometrische Grundform (Promorphe) anlehnt, als das erste und oberste Eintheilungsprincip der Anatomie und unterscheiden demnach, wie bereits oben (p. 29) begründet, bei der Anatomie eines jeden Organismus als die beiden Hauptzweige die Tectologie oder Structurlehre und die Promorphologie oder Grundformenlehre. Die Tectologie untersucht gewissermaassen die innere Form des ganzen Organismus, d. h. die Gesetze, nach denen der ganze Organismus aus allen Formbestandtheilen (oder Individuen verschiedener Ordnung) zusammengesetzt ist. Die Promorphologie beschreibt und erklärt die äussere Form des ganzen Organismus und aller seiner einzelnen Formbestandtheile (oder Individuen verschiedener Ordnung) an sich, und sucht diese Formen auf geometrische Grundformen zurückzuführen.[1])

Wollen wir diese beiden Hauptzweige der Anatomie dann noch weiter in untergeordnete Disciplinen zerlegen, so würde dies auf Grund der qualitativen Unterschiede der Individuen verschiedener Ordnung geschehen können, und wir würden demnach sowohl in der Tectologie als in der Promorphologie sechs untergeordnete Wissenschaften zu unterscheiden haben, welche den sechs verschiedenen Ordnungen von Individuen entsprechen. Welche Aufgabe diesen einzelnen Disciplinen speciell zufällt, wird sich aus dem dritten und vierten Buche des vorliegenden Werkes ergeben, welche die Aufgabe und Bedeutung der Tectologie und der Promorphologie wissenschaftlich zu begründen suchen. Eine Uebersicht des gegenseitigen Verhältnisses der so entstehenden zwölf anatomischen Disciplinen giebt das nachstehende Schema:

---

[1]) Diese gesonderte Behandlung der Tectologie und Promorphologie wird sich namentlich für die generelle und synthetische Anatomie der gesammten Organismen oder einer einzelnen Gruppe empfehlen, wogegen es in der speciellen und analytischen Anatomie einer einzelnen Gruppe oder eines einzelnen Organismus oft passender sein wird, Tectologie und Promorphologie vereinigt in den p. 45 aufgeführten sechs Disciplinen abzuhandeln.

Anatomie.

Gesammtwissenschaft von der vollendeten Form der Organismen.

I. Tectologie oder Baulehre. Structurlehre.	II. Promorphologie oder Grundformenlehre.

1) Histologie oder Plastidenlehre.
Formenlehre der Plastiden (Cytoden und Zellen) oder Anatomie der Form-Individuen erster Ordnung.

I. 1) Tectologie der Plastiden.	II. 1) Promorphologie der Plastiden.
Lehre von der formellen inneren Zusammensetzung der Plastiden, von den Formbestandtheilen, welche im Inneren der Cytoden und Zellen vorkommen.	Lehre von der äusseren Form der Plastiden und der ihr zu Grunde liegenden stereometrischen Grundform.

2) Organologie oder Organlehre.
Formenlehre der Organe, (Zellenstöcke, einfache Organe, zusammengesetzte Organe, Organ-Systeme, Organ-Apparate) oder Anatomie der Form-Individuen zweiter Ordnung.

I. 2) Tectologie der Organe.	II. 2) Promorphologie der Organe.
Lehre von der formellen inneren Zusammensetzung der Organe aus Plastiden (Cytoden und Zellen) oder Form-Individuen erster Ordnung.	Lehre von der äusseren Form der Organe und der ihr zu Grunde liegenden stereometrischen Grundform.

3) Antimerologie oder Homotypenlehre.
Formenlehre der Antimeren (Gegenstücke oder homotypischen Theile) oder Anatomie der Form-Individuen dritter Ordnung.

I. 3) Tectologie der Antimeren.	II. 3) Promorphologie der Antimeren.
Lehre von der formellen inneren Zusammensetzung der Antimeren aus Organen (Organen verschiedener Ordnung) oder Form-Individuen zweiter Ordnung.	Lehre von der äusseren Form der Antimeren und der ihr zu Grunde liegenden stereometrischen Grundform.

4) Metamerologie oder Homodynamenlehre.
Formenlehre der Metameren (Folgestücke oder homodynamen Theile) oder Anatomie der Form-Individuen vierter Ordnung.

I. 4) Tectologie der Metameren.	II. 4) Promorphologie der Metameren.
Lehre von der formellen inneren Zusammensetzung der Metameren aus Antimeren (Gegenstücken) oder Form-Individuen dritter Ordnung.	Lehre von der äusseren Form der Metameren und der ihr zu Grunde liegenden stereometrischen Grundform.

5) Prosopologie oder Personenlehre.
Formenlehre der Personen oder Prosopen (Individuen im gewöhnlichen Sinne) oder Anatomie der Form-Individuen fünfter Ordnung.

I. 5) Tectologie der Personen.	II. 5) Promorphologie der Personen.
Lehre von der formellen inneren Zusammensetzung der Personen aus Metameren (Folgestücken) oder Form-Individuen vierter Ordnung.	Lehre von der äusseren Form der Personen und der ihr zu Grunde liegenden stereometrischen Grundform.

6) Cormologie oder Stocklehre.
Formenlehre der Stöcke oder Cormen (Colonieen) oder Anatomie der Form-Individuen sechster Ordnung.

I. 6) Tectologie der Stöcke.	II. 6) Promorphologie der Stöcke.
Lehre von der formellen inneren Zusammensetzung der Stöcke aus Personen (Prosopen) oder Form-Individuen fünfter Ordnung.	Lehre von der äusseren Form der Stöcke und der ihr zu Grunde liegenden stereometrischen Grundform.

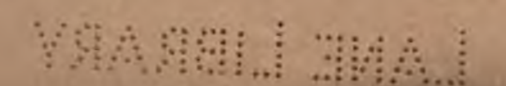
VI. Morphogenie oder Entwickelungsgeschichte.

Unter den vielen Schwierigkeiten, welche die vielfach sehr verwickelten Beziehungen der einzelnen biologischen Disciplinen, ihre mannichfach gekreuzten und unter einander zusammenhängenden Verkettungen, einer Einreihung in das oben aufgestellte Schema ihrer Specification entgegensetzen, ist eine für uns von besonderer Bedeutung. Es ist dies das Verhältniss der *Entwickelungsgeschichte* der Organismen oder der Morphogenie einerseits zur statischen, andererseits zur dynamischen Biologie. Während nämlich auf der einen Seite die Morphogenesis oder Morphogenie als ein Theil der Morphologie angesehen wird, nehmen sie Andere als eine Disciplin der Physiologie in Anspruch. Beide entgegengesetzte Auffassungen lassen sich durch triftige Gründe rechtfertigen.

Vom Standpunkte der oben gegebenen Eintheilung der Biologie streng theoretisch betrachtet, könnte es keinem Zweifel zu unterliegen scheinen, dass die wissenschaftliche, d. h. nicht bloss beschreibende, sondern auch erklärende Entwickelungsgeschichte eine dynamische Disciplin, also ein Theil der Biodynamik oder Physiologie sei, indem sie die continuirliche Kette von Bewegungs-Erscheinungen untersucht und auf allgemeine Gesetze zurückzuführen strebt, als deren Endresultat die reife Form des Organismus erscheint. Dies gilt sowohl von der Entwickelungsgeschichte der individuellen Organismen oder der *Embryologie*, als von der Entwickelungsgeschichte der Organismen-Stämme oder Phylen (Typen), der *Palaeontologie*. Bei Beiden handelt es sich um die Erkenntniss der Reihe von *Veränderungen*, die der Organismus (im ersteren Falle das Individuum, im letzteren der Stamm oder Typus) während der Entwickelungsbewegungen durchmacht, und es könnte demnach als bewiesen erscheinen, dass die Biostatik, welche sich nur mit dem Organismus im Gleichgewichtszustand seiner bewegenden Kräfte zu beschäftigen hat, keinen Anspruch auf die Morphogenie erheben dürfe.

Ganz anders gestaltet sich dagegen die Stellung der Entwickelungs-Geschichte in der biologischen Praxis. Gewöhnlich wird sowohl in den Lehrvorträgen als in den Lehrbüchern über Physiologie die Morphogenie entweder gar nicht oder nur ganz beiläufig berücksichtigt; fast immer wird sie von den Physiologen den Morphologen überwiesen, die sich mit ebenso grossem Eifer der Entwickelungsgeschichte annehmen, als die ersteren sie vernachlässigen. Auch sind fast alle unsere Kenntnisse auf dem Gebiete der Biogenie ausschliesslich den Bemühungen der Morphologen zu verdanken, während die Physiologen fast Nichts dafür gethan haben.

Diese scheinbare Anomalie ist in sehr verschiedenen Umständen



begründet, zunächst darin, dass die Kenntniss der Formentwickelung für das Verständniss der entwickelten Form unerlässlich ist, und dass nur die vollständige Erkenntniss der continuirlichen Bewegungen, als deren Endproduct die Form erscheint, die Bedeutung der letzteren richtig zu erfassen gestattet. Für die wissenschaftliche Morphologie ist also die Morphogenesis eine nothwendige Vorbedingung, eine wirkliche Lebensbedingung. Andererseits hat die Physiologie, wenigstens in dem heutigen Stadium ihrer Entwickelung, an der Morphogenie ein untergeordnetes Interesse. Von allen Bewegungs-Erscheinungen des Organismus sind ihr diejenigen, welche die Bildung der organisirten Form veranlassen, verhältnissmässig am Gleichgültigsten. Auf keinem Gebiete der Biologie ist der Zusammenhang von Stoff, Kraft und Form, die Abhängigkeit der Form von der Function des Stoffes so wenig ersichtlich und so ganz unbekannt, als auf dem der Morphogenie. Daher sind wir hier weiter als irgendwo von dem Ziele der Erklärung der Form-Veränderungen entfernt, und die gesammte Entwickelungsgeschichte erscheint daher noch heutzutage so weit von einer gesetzlichen Begründung entfernt, dass sie weit mehr eine descriptive als eine erklärende Disciplin ist. Schon aus diesem Grunde haben die Physiologen das Feld der Entwickelungsgeschichte fast ganz den Morphologen überlassen. Dazu kommt noch, dass die Methoden der Untersuchung auf dem Gebiete der Embryologie und Palaeontologie sehr verschieden von denjenigen sind, welche auf den übrigen Gebieten der Physiologie vorzugsweise angewendet werden, während die Morphologen mit diesen Methoden und mit dem ihnen zu unterwerfenden Materiale weit besser vertraut sind.

Aus diesen, durch die biologische Praxis gerechtfertigten Gründen wird im gegenwärtigen Stadium unserer wissenschaftlichen Entwickelung die Morphogenie eine viel nähere Beziehung zur Morphologie, für die sie ein Bedürfniss ist, als zur Physiologie, zu der sie eigentlich gehört, von der sie aber höchst stiefmütterlich behandelt wird, beibehalten. Und selbst wenn es künftighin der Physiologie gelingen sollte, die allgemeinen Gesetze der organischen Form-Entwickelung physiologisch zu erklären, d. h. die Erscheinungsreihen der Morphogenie auf chemisch-physikalische Gesetze zurückzuführen; so würde durch diesen grossen biologischen Fortschritt doch das innige Verhältniss der Entwickelungsgeschichte zur Anatomie und ihr Abhängigkeits-Verhältniss von der ihr übergeordneten Morphologie keineswegs gelockert werden. Vielmehr würde durch diese innigere Verkettung der Morphogenie und der Physiologie das jetzt sehr gelockerte Band zwischen der letzteren und der Anatomie wieder fester geschlungen werden, und eine einheitliche biologische Betrachtungsweise der Organismen wieder mehr in den Vordergrund treten.

VI. Morphogenie oder Entwickelungsgeschichte.

Unter den vielen Schwierigkeiten, welche die vielfach sehr verwickelten Beziehungen der einzelnen biologischen Disciplinen, ihre mannichfach gekreuzten und unter einander zusammenhängenden Verkettungen, einer Einreihung in das oben aufgestellte Schema ihrer Specification entgegensetzen, ist eine für uns von besonderer Bedeutung. Es ist dies das Verhältniss der *Entwickelungsgeschichte* der Organismen oder der Morphogenie einerseits zur statischen, andererseits zur dynamischen Biologie. Während nämlich auf der einen Seite die Morphogenesis oder Morphogenie als ein Theil der Morphologie angesehen wird, nehmen sie Andere als eine Disciplin der Physiologie in Anspruch. Beide entgegengesetzte Auffassungen lassen sich durch triftige Gründe rechtfertigen.

Vom Standpunkte der oben gegebenen Eintheilung der Biologie streng theoretisch betrachtet, könnte es keinem Zweifel zu unterliegen scheinen, dass die wissenschaftliche, d. h. nicht bloss beschreibende, sondern auch erklärende Entwickelungsgeschichte eine dynamische Disciplin, also ein Theil der Biodynamik oder Physiologie sei, indem sie die continuirliche Kette von Bewegungs-Erscheinungen untersucht und auf allgemeine Gesetze zurückzuführen strebt, als deren Endresultat die reife Form des Organismus erscheint. Dies gilt sowohl von der Entwickelungsgeschichte der individuellen Organismen oder der *Embryologie*, als von der Entwickelungsgeschichte der Organismen-Stämme oder Phylen (Typen), der *Palaeontologie*. Bei Beiden handelt es sich um die Erkenntniss der Reihe von *Veränderungen*, die der Organismus (im ersteren Falle das Individuum, im letzteren der Stamm oder Typus) während der Entwickelungsbewegungen durchmacht, und es könnte demnach als bewiesen erscheinen, dass die Biostatik, welche sich nur mit dem Organismus im Gleichgewichtszustand seiner bewegenden Kräfte zu beschäftigen hat, keinen Anspruch auf die Morphogenie erheben dürfe.

Ganz anders gestaltet sich dagegen die Stellung der Entwickelungs-Geschichte in der biologischen Praxis. Gewöhnlich wird sowohl in den Lehrvorträgen als in den Lehrbüchern über Physiologie die Morphogenie entweder gar nicht oder nur ganz beiläufig berücksichtigt; fast immer wird sie von den Physiologen den Morphologen überwiesen, die sich mit ebenso grossem Eifer der Entwickelungsgeschichte annehmen, als die ersteren sie vernachlässigen. Auch sind fast alle unsere Kenntnisse auf dem Gebiete der Biogenie ausschliesslich den Bemühungen der Morphologen zu verdanken, während die Physiologen fast Nichts dafür gethan haben.

Diese scheinbare Anomalie ist in sehr verschiedenen Umständen

liche Morphologie kann nur durch die innigste gegenseitige Ergänzung und Wechselwirkung der Anatomie und der Morphogenie ihr eigentliches Ziel erreichen.

VII. Entwickelungsgeschichte der Individuen.

Wir haben im Vorhergehenden den Begriff der Morphogenie oder Entwickelungsgeschichte der Organismen in seinem weitesten Sinne gefasst, indem wir die Gesammtwissenschaft von den werdenden Organismen darunter verstanden. In dem gewöhnlichen Sinne des Worts versteht man aber unter Entwickelungsgeschichte nur diejenige der Individuen oder die sogenannte Embryologie, welche besser als Ontogenie bezeichnet wird. Nach unserer eigenen Auffassung ist diese Disciplin jedoch nur ein Theil, ein Zweig der Morphogenie und diesem steht als anderer coordinirter Hauptzweig der letzteren die Entwickelungsgeschichte der Stämme (Phyla) oder die Phylogenie gegenüber, eine Wissenschaft, deren wesentlichste Grundlage die Palaeontologie ist. Entgegen dem gewöhnlichen Sprachgebrauche würden wir also die Entwickelungsgeschichte in die beiden Zweige der Embryologie und der Palaeontologie zu spalten haben. Wir halten diese beiden Hauptzweige der Morphogenie für nächstverwandte Disciplinen, welche zu einander die innigsten und nächsten Beziehungen haben, und welche nur durch gemeinsames Zusammenwirken und gegenseitiges Erläutern hoffen können, ihr gemeinsames Ziel, eine Erklärung des organischen Werdens zu erreichen. Nach der gewöhnlichen biologischen Anschauungsweise sind nun aber die Embryologie und die Palaeontologie ganz verschiedenartige und weit von einander entfernte Zweige der Biologie, die nichts als das Object des Organismus mit einander gemein haben. Wir werden daher unsere entgegengesetzte Anschauung, welche im fünften und sechsten Abschnitt ausführlich begründet werden wird, hier zunächst dadurch zu erläutern haben, dass wir den Begriff der Embryologie (Ontogenie) und der Palaeontologie (Phylogenie) nach Umfang und Inhalt scharf bestimmen.

Die Entwickelungsgeschichte der Individuen oder die Ontogenie ist derjenige Hauptzweig der Morphogenie, welcher von der gewöhnlichen Biologie heutzutage allein als „Entwickelungsgeschichte" betrachtet und mit dem unpassenden Namen der Embryologie belegt wird. Wenn der Ausdruck „Embryo" einen bestimmten Begriff bezeichnen soll, so kann darunter, wie unten im sechsten Buche gezeigt werden wird, nur „der Organismus innerhalb der Eihüllen" verstanden werden, und die häufig gebrauchte Bezeichnung der „freien Embryonen" für gewisse Larvenformen niederer Thiere ist eine Contradictio in adjecto. Sobald der Embryo die Eihüllen durchbrochen und verlassen hat, ist er nicht mehr Embryo, sondern ent-

Wenn die Morphogenie diesen höchsten Grad der Vollkommenheit erreicht haben wird (was vorläufig nicht entfernt zu hoffen ist), wenn es ihr gelungen sein wird, mit Hülfe der Physiologie die Entwickelungs-Vorgänge der Organismen — und zwar sowohl diejenigen der Individuen (Ontogenese) als diejenigen der Stämme (Phylogenese) — als die nothwendigen Folgen des Zusammenwirkens einer Reihe von physikalischen und chemischen Bedingungen nachzuweisen, so wird sich der Streit der Physiologie und der Morphologie, ob die Entwickelungsgeschichte zur einen oder zur anderen gehöre, einfach durch ein Beiden gerechtes Urtheil entscheiden lassen, welches die Morphogenie in zwei Hälften spaltet. Wir werden dann als zwei coordinirte Hauptzweige der Entwickelungsgeschichte eine dynamische oder physiologische und eine statische oder morphologische Entwickelungsgeschichte zu unterscheiden haben. Die morphologische oder statische Morphogenie, welche der Morphologie anheimfällt, wird dann fernerhin, wie bisher die gesammte Morphogenie, die Aufgabe verfolgen, die verschiedenen Formen, welche bei der Entwickelung des Organismus — und zwar sowohl des Individuums als des Stammes, — nach einander auftreten, einzeln aufzusuchen und anatomisch zu erklären, den Zusammenhang der zusammengehörigen Formen nachzuweisen und daraus die continuirlich-zusammenhängende Formenreihe herzustellen. Der physiologischen oder dynamischen Morphogenie dagegen, welche zur Physiologie zu rechnen sein würde, müsste die Aufgabe anheimfallen, die absolute Nothwendigkeit dieser Erscheinungsreihen nachzuweisen, ihre physikalisch-chemischen Ursachen aufzusuchen, und die Gesetze zu bestimmen, nach denen der Organismus — und zwar eben sowohl das Individuum als der Stamm — eine bestimmte Reihe verschiedener Formen durchlaufen muss.

Nun ist aber eine physiologische Entwickelungsgeschichte der Organismen in dem so eben geforderten Sinne gegenwärtig noch gänzlich unentwickelt. Ihre Aufgabe, wie wir sie hier formulirt haben, ist kaum genannt, geschweige denn ausgeführt, oder auch nur allgemein begonnen. Kein Zweig der gesammten Biologie ist in dieser Beziehung noch so weit von seinem eigentlichen Ziele entfernt. Die gesammte Morphogenie, wie sie gegenwärtig existirt, und zwar sowohl die Entwickelungsgeschichte der Individuen, als der Stämme, denkt noch nicht daran, die physikalischen und chemischen Bedingungen der Entwickelungs-Vorgänge zu erforschen, und begnügt sich noch vollständig mit der thatsächlichen Feststellung derselben, und selbst auf diesem rein morphologischen Gebiete ist sie noch so weit zurück, dass wir überall mehr von einzelnen zerrissenen und zusammenhangslosen Skizzen, als von einer zusammenhängenden Geschichte sprechen können. Aus diesem Grunde können wir die Entwickelungsgeschichte der Organismen, wie sie heute ist, und wie sie voraussichtlich noch sehr lange sein wird, als eine rein morphologische Disciplin für uns in Anspruch nehmen, und wir sind hierzu um so mehr berechtigt, ja verpflichtet, als die Kenntniss des Werdens der organischen Formen uns allein das Verständniss ihres Seins gewährt, und als die Anatomie der Organismen nur durch die Wechselwirkung mit der Morphogenie in den Stand gesetzt wird, die Bildung der organischen Formen gesetzlich zu erklären. Die wissenschaft-

liche Morphologie kann nur durch die innigste gegenseitige Ergänzung und Wechselwirkung der Anatomie und der Morphogenie ihr eigentliches Ziel erreichen.

VII. Entwickelungsgeschichte der Individuen.

Wir haben im Vorhergehenden den Begriff der Morphogenie oder Entwickelungsgeschichte der Organismen in seinem weitesten Sinne gefasst, indem wir die Gesammtwissenschaft von den werdenden Organismen darunter verstanden. In dem gewöhnlichen Sinne des Worts versteht man aber unter Entwickelungsgeschichte nur diejenige der Individuen oder die sogenannte Embryologie, welche besser als Ontogenie bezeichnet wird. Nach unserer eigenen Auffassung ist diese Disciplin jedoch nur ein Theil, ein Zweig der Morphogenie und diesem steht als anderer coordinirter Hauptzweig der letzteren die Entwickelungsgeschichte der Stämme (Phyla) oder die Phylogenie gegenüber, eine Wissenschaft, deren wesentlichste Grundlage die Palaeontologie ist. Entgegen dem gewöhnlichen Sprachgebrauche würden wir also die Entwickelungsgeschichte in die beiden Zweige der Embryologie und der Palaeontologie zu spalten haben. Wir halten diese beiden Hauptzweige der Morphogenie für nächstverwandte Disciplinen, welche zu einander die innigsten und nächsten Beziehungen haben, und welche nur durch gemeinsames Zusammenwirken und gegenseitiges Erläutern hoffen können, ihr gemeinsames Ziel, eine Erklärung des organischen Werdens zu erreichen. Nach der gewöhnlichen biologischen Anschauungsweise sind nun aber die Embryologie und die Palaeontologie ganz verschiedenartige und weit von einander entfernte Zweige der Biologie, die nichts als das Object des Organismus mit einander gemein haben. Wir werden daher unsere entgegengesetzte Anschauung, welche im fünften und sechsten Abschnitt ausführlich begründet werden wird, hier zunächst dadurch zu erläutern haben, dass wir den Begriff der Embryologie (Ontogenie) und der Palaeontologie (Phylogenie) nach Umfang und Inhalt scharf bestimmen.

Die Entwickelungsgeschichte der Individuen oder die Ontogenie ist derjenige Hauptzweig der Morphogenie, welcher von der gewöhnlichen Biologie heutzutage allein als „Entwickelungsgeschichte" betrachtet und mit dem unpassenden Namen der Embryologie belegt wird. Wenn der Ausdruck „Embryo" einen bestimmten Begriff bezeichnen soll, so kann darunter, wie unten im sechsten Buche gezeigt werden wird, nur „der Organismus innerhalb der Eihüllen" verstanden werden, und die häufig gebrauchte Bezeichnung der „freien Embryonen" für gewisse Larvenformen niederer Thiere ist eine Contradictio in adjecto. Sobald der Embryo die Eihüllen durchbrochen und verlassen hat, ist er nicht mehr Embryo, sondern ent-

weder bereits das Junge oder der jugendliche Organismus selbst (wenn er durch blosses Wachsthum zum erwachsenen und geschlechtsreifen Organismus wird), oder eine Larve (wenn noch eine Reihe von Formveränderungen mit dem Wachsthum verbunden ist), oder eine Amme (wenn er mittelbar erst, durch Dazwischentreten einer zweiten oder mehrerer Generationen, in die Form des geschlechtsreifen erwachsenen Organismus zurückkehrt). Unter Embryologie können wir daher, wenn dieser Ausdruck einen bestimmten Sinn haben soll, nur die Wissenschaft von denjenigen Formveränderungen und Formenreihen verstehen, welche der Organismus innerhalb der Eihüllen durchläuft.

Die Bezeichnung „Embryologie“ ist der Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere entnommen, bei denen fast immer (nur die Amphibien, Cyclostomen und einige Fische ausgenommen), sämmtliche wesentliche Formveränderungen des Körpers innerhalb der Eihüllen durchlaufen werden. Hier kann daher der Ausdruck Embryologie mit einigem Rechte zur Bezeichnung der gesammten Entwickelungsgeschichte des Organismus verwandt werden, zumal die späteren oder postembryonalen Formveränderungen (z. B. diejenigen, welche die Senilität einleiten und die Decrescenz begleiten) in der Regel nicht von der Morphologie in Betracht gezogen werden (obschon sie es verdienten). Ganz anders gestaltet sich aber die Bedeutung der Embryologie bei den wirbellosen Thieren, bei denen, gleichwie bei den Amphibien, Cyclostomen etc. bedeutende Formveränderungen, und zwar häufig die grössten und wichtigsten, erst in der Periode des Larvenlebens eintreten, wenn der Embryo die Eihüllen verlassen und damit seinen embryonalen Character aufgegeben hat. Wollen wir bei diesen Organismen, welche also eine „Metamorphose“ durchlaufen, für die Erkenntniss der embryonalen Formveränderungen die Bezeichnung der Embryologie beibehalten, so können wir diese nur als einen Zweig ihrer Entwickelungsgeschichte ansehen, und müssen diesem den anderen Zweig der Wissenschaft von den postembryonalen Formveränderungen (Metamorphosen etc.) entgegen setzen; dieser liesse sich dann passend als Metamorphologie (Metamorphosenlehre) oder als Schadonologie[1]) (Larvenlehre) bezeichnen.

Die gesammte Entwickelungsgeschichte der Individuen würde demnach in zwei Theile zerfallen, die Embryologie oder Entwickelungsgeschichte des Organismus innerhalb der Eihüllen, und die Schadonologie oder Entwickelungsgeschichte des Organismus ausserhalb der Eihüllen. Für die gesammte Entwickelungsgeschichte des Individuums, welche sich aus diesen beiden Disciplinen zusammensetzt, würden wir,

[1]) σχαδών, ἡ, die Larve, besonders die Insecten-Larve (Aristoteles).

da es an einer technischen Bezeichnung für dieselbe gänzlich fehlt, den Ausdruck Ontogenesis oder Ontogenie vorschlagen. Onta[1]) sind die concreten Individuen (räumlich abgeschlossene Formeinheiten), welche zu einer gegebenen Zeit concretes Object der Betrachtung und der Untersuchung sind, und die Onta oder Individuen in diesem Sinne stehen gegenüber den Phyla oder Individuen-Stämmen, unter welchen wir die abstracte Summe aller durch Blutsverwandtschaft verbundenen concreten Onta verstehen. Hieraus ergiebt sich schon zum Theil, inwiefern wir die Ontogenie der Phylogenie entgegen setzen können.

Wenn wir unter Onta demgemäss allgemein die organischen Individuen als selbstständige und räumlich abgeschlossene Formeinheiten und unter Ontogenie die Entwickelungsgeschichte dieser Individuen verstehen, so drängt sich nun zunächst die Frage auf, zu welcher von den oben aufgezählten sechs Ordnungen organischer Individuen diese Onten gehören. Hierauf ist zu antworten, dass jede dieser sechs verschiedenen Individualitäten ihre eigene Entwickelungsgeschichte hat, und dass sie demnach alle sechs als Onten betrachtet und so Object der Entwickelungsgeschichte oder Ontogenie werden können. Diese Wissenschaft würde demgemäss wiederum in sechs untergeordnete Disciplinen zerfallen, welche den sechs morphologischen Individualitäten verschiedener Ordnung entsprechen, nämlich:

1) Ontogenie der Plastiden oder Individuen erster Ordnung. Entwickelungsgeschichte der Plastiden (Cytoden und Zellen). Plastidogenie. Diese Disciplin, welche noch sehr jugendlichen Alters ist, wird gewöhnlich als Histogenie oder Entwickelungsgeschichte der Gewebe bezeichnet, und als solche der Histologie (Plastidologie) angefügt. Diese Bezeichnung ist aber insofern nicht correct, als ein Theil der „Gewebe" bereits zu den Organen oder Individuen zweiter Ordnung gehört.

2) Ontogenie der Organe oder Individuen zweiter Ordnung. Entwickelungsgeschichte der Organe verschiedener Ordnung (Zellenstöcke, einfache Organe, zusammengesetzte Organe, Organ-Systeme, Organ-Apparate). Diese Wissenschaft bildet den grössten Bestandtheil der gewöhnlich so genannten „Embryologie" und wird bisweilen als Organogenie den übrigen Theilen derselben und insbesondere der Histogenie entgegengesetzt.

3) Ontogenie der Antimeren oder Individuen dritter Ordnung. Entwickelungsgeschichte der Gegenstücke oder homotypischen Theile. Antimerogenie. Diese wichtige Disciplin, welche für unser Verständniss der Gesammtform der Organismen von der grössten Wichtig-

[1]) ὄντα, τά, die concreten, wirklichen Körper, im Gegensatz zu den abstracten, gedachten.

keit ist, ist bisher fast gänzlich unbeachtet geblieben und gehört, wie die gesammte Antimerologie, der Zukunft an, in der sie sicher eine bedeutende Entwickelung erreichen wird.

4) Ontogenie der Metameren oder Individuen vierter Ordnung. Entwickelungsgeschichte der Folgestücke oder homodynamen Theile. Metamerogenie. Diese Wissenschaft, welche in der Entwickelungsgeschichte aller aus Metameren zusammengesetzten Organismen, der Wirbelthiere, Gliederthiere, Echinodermen, Phanerogamen, eine bedeutende Rolle spielt, wird ebenfalls erst in der Zukunft ihre volle Würdigung finden. Es gehört hierher z. B. die Lehre von dem successiven Auftreten und der Entwickelung der einzelnen Urwirbel bei den Wirbelthieren, der Zoniten (Segmente) bei den Gliederthieren, der Stengelglieder bei den Phanerogamen.

5) Ontogenie der Personen oder Individuen fünfter Ordnung. Entwickelungsgeschichte der „Individuen" im engsten Sinne, der Prosopen oder Personen. Prosopogenie. Dieser Zweig der Entwickelungsgeschichte begreift in der Embryologie der Wirbelthiere (welche bisher vor allen anderen thierischen Entwickelungsgeschichten sich durch planvolle und denkende Behandlung ausgezeichnet hat) denjenigen Theil, welcher gewöhnlich als „Entwickelung der äusseren Körperform" bezeichnet wird. Seine Hauptaufgabe ist die Darstellung der Entwickelung der Person aus den differenzirten Metameren.

6) Ontogenie der Stöcke oder Individuen sechster Ordnung. Entwickelungsgeschichte der Stöcke (Cormi) oder Colonieen. Cormogenie. Diese Wissenschaft, welche natürlich nur bei denjenigen Organismen existirt, bei denen Personen zur Bildung von Stöcken zusammentreten, würde die Gesetze zu bestimmen haben, nach denen dieser Zusammentritt stattfindet. In der Botanik ist diese Disciplin als die „Lehre von der Sprossfolge" in hohem Grade entwickelt, auf den entsprechenden Gebieten der Zoologie dagegen (z. B. bei den Coelenteraten, deren Stockbildung auf ganz ähnlichen Gesetzen, wie die der Phanerogamen beruht) kaum begonnen.

Die Gesammtsumme der Formen, welche jeder individuelle Organismus von seiner ersten Entstehung im Ei an bis wieder zur Production von Eiern durchläuft, ist von verschiedenen Morphologen (insbesondere von Huxley) als das organische „Individuum" κατ᾽ ἐξοχήν hingestellt worden; eine Auffassung, welche besonders in England vielen Beifall gefunden hat. Diese Formenreihe wird bald nur durch ein einziges physiologisches Individuum, bald aber (beim Generationswechsel) durch eine Mehrzahl von physiologischen Individuen, welche alle einem und demselben Ei ihre Entstehung verdanken, repräsentirt. Von einem gewissen Gesichtspunkt aus lässt sich die Auffassung dieser continuirlich zusammenhängenden Formenkette (als eines zeitlichen Individuums) alle

dings rechtfertigen. Im dritten Buche, wo wir dies näher ausführen werden, haben wir diese Individualität als ein „genealogisches Individuum erster Ordnung" oder als „Eiproduct" bezeichnet. Die Ontogenie könnte daher genauer auch als Entwickelungsgeschichte der genealogischen Individuen erster Ordnung oder als Entwickelungsgeschichte der Eiproducte bezeichnet werden.

VIII. Entwickelungsgeschichte der Stämme.

Der Ontogenie oder der Entwickelungsgeschichte der Individuen steht als zweiter coordinirter Hauptzweig der Morphogenese die Phylogenie oder die Entwickelungsgeschichte der Stämme (Phyla) gegenüber. Unter einem Stamm oder Phylon verstehen wir, wie schon bemerkt, die Summe aller derjenigen Organismen-Formen, welche, wie z. B. alle Wirbelthiere oder alle Coelenteraten, von einer und derselben Stammform ihren gemeinsamen Ursprung ableiten. Diese Stämme lassen sich, wie wir unten im dritten Buche zeigen werden, als „genealogische Individuen dritter Ordnung" den „Eiproducten" oder genealogischen Individuen erster Ordnung, welche Object der Ontogenie sind, entgegenstellen. Die wesentlichste Grundlage der Phylogenie, welche demgemäss der Ontogenie nächst verwandt ist, bildet die wissenschaftliche Palaeontologie.

Unter Palaeontologie versteht man gewöhnlich die Wissenschaft von den Versteinerungen, welche auch oft mit dem barbarischen Namen der „Petrefactologie" belegt wird. Es hat sich diese Disciplin bisher in der grössten Abhängigkeit von der Geologie befunden, in deren Dienste sie sich überhaupt erst entwickelt hat. Für die Geologie ist die Petrefactenkenntniss die nothwendigste Grundlage. Denn nur mittelst der versteinerten Reste und der in den Erdschichten zurückgelassenen Abdrücke der Organismen, welche unsere Erde in den verschiedenen Perioden ihrer historischen Entwickelung bevölkerten, ist die Geologie im Stande, das relative Alter der verschiedenen Schichtengruppen und Formationen, welche die Erdrinde bilden, zu erkennen und daraus die Geschichte unseres Planeten selbst zu construiren. Während aber so die Petrefacten als „Leitmuscheln," als Denkmünzen, welche in den verschiedenen Perioden geprägt sind, für die Geologie vom höchsten Werthe sind, ist die historische Entwickelungsgeschichte der Organismen, welche sich aus denselben erkennen lässt, für sie nur von untergeordnetem Werthe. Es ist dem Geologen und Geognosten an sich gleichgültig, welchen verwandtschaftlichen Zusammenhang die Organismen-Arten der verschiedenen Erdperioden unter einander besitzen, und welche Formenreihen auf einander gefolgt sind. Wenn die Petrefacten das relative Alter der Schichten, in denen sie sich fin-

den, sicher bestimmen, erfüllen sie ihren Zweck für die Geognosie und Geologie vollkommen.

Ganz anders und ungleich bedeutender ist das Interesse, welches die Biologie und ganz besonders die Morphologie an den Petrefacten haben muss. Sie vergleicht die Formenreihen der ausgestorbenen Organismen unter einander und mit den jetzt lebenden, und entwirft sich daraus ein Bild von den ganz verschiedenen Floren und Faunen, welche im Verlaufe der Erdgeschichte auf der Oberfläche unseres Planeten nach einander erschienen sind. Freilich hatte diese Erkenntniss der ausgestorbenen Organismen für die meisten Palaeontologen bisher nur ein ähnliches Interesse, wie die geographische Verbreitung der Thiere und Pflanzen in der Jetztzeit noch für die meisten Biologen besitzt. Man bewunderte die Mannichfaltigkeit und Seltsamkeit der zahlreichen Organismen-Formen, welche in der „Vorzeit" die Erdoberfläche belebt haben, man ergötzte sich an der abnormen Entwickelung einzelner Theile, an der riesenmässigen Grösse, welche Viele derselben zeigten, man beschäftigte seine Phantasie mit der Reconstruction der abenteuerlichen und fremdartigen Gestalten, deren Skelete uns allein erhalten sind. Aber nur den wenigsten Palaeontologen fiel es ein, den Grund und den gesetzlichen Zusammenhang dieser seltsamen Erscheinungsreihen aufzusuchen, die Erkenntniss der Verwandtschaft der auf einander folgenden Gestaltenketten anzustreben, und eine zusammenhängende Entwickelungsgeschichte des Thier- und Pflanzenlebens auf der Erde zu entwerfen.

Ihre eigentliche Bedeutung konnte freilich die Palaeontologie erst gewinnen, seitdem 1859 durch Darwin das Signal zu einer denkenden Erforschung und vergleichenden Betrachtung der organischen Verwandtschaften gegeben war, und seitdem von ihm in der Blutsverwandtschaft zwischen den Thieren und Pflanzen aller Zeiten die entscheidende Lösung des „heiligen Räthsels" von der Aehnlichkeit der verschiedenen Gestalten gefunden war. Die von Darwin neu begründete Descendenztheorie verknüpft die unendliche Menge der einzelnen palaeontologischen Thatsachen durch den erleuchtenden Gedanken ihres causalen genealogischen Zusammenhangs und findet demgemäss in der Palaeontologie die zeitliche Entwickelungsgeschichte der Organismen-Reihen. Wie wir im sechsten Buche zeigen werden, erlaubt uns die Summe der gesammten jetzt bekannten biologischen Thatsachen, und vor Allem die unschätzbare dreifache Parallele zwischen der palaeontologischen, embryologischen und systematischen Entwickelung den sicheren Schluss, dass alle jetzt lebenden Organismen und alle diejenigen, die zu irgend einer Zeit auf der Erde gelebt haben, die blutsverwandten Nachkommen von einer verhältnissmässig geringen Anzahl spontan entstandener Stammformen sind. Wenn

wir die Summe aller Organismen, welche von einer und derselben einfachsten, spontan entstandenen Stammform ihren gemeinschaftlichen Ursprung ableiten, als einen organischen **Stamm** oder **Phylon** bezeichnen, so können wir demnach die **Palaeontologie** die **Entwickelungsgeschichte der Stämme** oder **Phylogenie** nennen.

Allerdings existirt die Palaeontologie in diesem Sinne noch kaum als Wissenschaft; und erst nachdem durch **Darwin** die Abstammungslehre neu begründet war, haben in den letzten Jahren einige Palaeontologen angefangen, hier und da den genealogischen Massstab an die palaeontologischen Entwickelungsreihen anzulegen, und in der Formen-Aehnlichkeit der nach einander auftretenden Arten ihre wirkliche Blutsverwandtschaft zu erkennen. Wir können aber nicht daran zweifeln, dass dieser kaum erst emporgekeimte Samen sich rasch zu einem gewaltigen Baume entwickeln wird, dessen Krone bald eine ganze Reihe von anderen wissenschaftlichen Disciplinen in ihren Schatten aufnehmen und überdecken wird. So wird es hoffentlich, um nur eine hieraus sich ergebende Perspective zu eröffnen, nicht mehr lange dauern, bis der thatsächlich schon theilweis bekannte Stammbaum unseres eigenen Geschlechts sich auf dieser Basis neu wird aufrichten lassen. Von keinem Stamme der Organismen ist bis jetzt die palaeontologische Entwickelungsgeschichte so genau gekannt, als von demjenigen, zu dem wir selbst gehören, vom Stamme der Wirbelthiere. Wir wissen, dass auf die ältesten, tiefstehenden silurischen Fische vollkommenere folgten, aus denen sich die Amphibien hervorbildeten, dass erst weit später die höheren Wirbelthiere, die Säugethiere erschienen, und zwar zunächst nur didelphe, niedere Beutelthiere, und erst später die monodelphen, aus deren affenartigen Formen das Menschengeschlecht selbst sich erst sehr spät und allmählig entwickelt hat. Wie anders wird das Studium der historischen menschlichen Entwickelung, welche wir mit echt menschlichem verblendetem Hochmuthe die „**Weltgeschichte**“ zu nennen pflegen, sich gestalten, wenn diese Thatsache erst allgemein anerkannt sein wird, und wenn diese Weltgeschichte mit ihren wenigen tausend Jahren nur als ein ganz kleiner, winziger Ausläufer von der Millionen-Reihe von Jahrtausenden erscheinen wird, innerhalb deren unsere Verwandten und unsere Vorfahren, die Wirbelthiere, sich langsam und allmählig aus niederen Amphioxus ähnlichen Fischen entwickelt haben, deren gemeinsame Stammwurzel auf eine einfache, spontan entstandene Plastide zurückzuführen ist.

Die wissenschaftliche Palaeontologie ist für uns also ebenso die Entwickelungsgeschichte der organischen Stämme, wie die Embryologie die Entwickelungsgeschichte der Individuen oder ~~**Personen**~~. Die überraschende parallele Stufenleiter, welche zwischen diesen beiden aufsteigenden Entwickelungsreihen statt-

findet, bestätigt diese Auffassung vollständig. Da der Name der palaeontologischen Entwickelungsgeschichte aber schleppend ist, so wäre für denselben vielleicht besser der Ausdruck Phylogenie, oder Phylogenesis, Entwickelungsgeschichte der Stämme einzuführen. Phylogenie und Ontogenie wären demnach die beiden coordinirten Zweige der Morphogenie. Die Phylogenie ist die Entwickelungsgeschichte der abstracten genealogischen Individuen, die Ontogenie dagegen die Entwickelungsgeschichte der concreten morphologischen Individuen.

IX. Generelle und specielle Morphologie.

Die Morphologie der Organismen kann in eine allgemeine (generelle) und eine besondere (specielle) Morphologie gespalten werden, von denen jede wiederum in alle die einzelnen Disciplinen zerfällt, die wir im Vorhergehenden als Hauptzweige und Zweige der gesammten Morphologie überhaupt unterschieden haben.

Die generelle Morphologie der Organismen, deren Grundzüge allein wir in dem vorliegenden Werke festzustellen versuchen, hat die Aufgabe, in vergleichender Uebersicht die allgemeinsten Formen-Verhältnisse (Anatomie und Morphogenie) sämmtlicher Organismen zu erklären, ohne auf die einzelnen Gruppen und Untergruppen derselben einzugehen, und ohne die einzelnen inneren und äusseren Formen-Verhältnisse anatomisch und genetisch zu beschreiben und zu erklären. Die generelle Morphologie hat mithin nur die obersten und allgemeinsten, für die gesammte organische Natur gültigen Gesetze der organischen Formbildung überhaupt zu ermitteln, und zwar sowohl die anatomischen als die genetischen Gesetze.

Sie hat also zunächst als generelle Anatomie (im weitesten Sinne) die Art und Weise zu untersuchen und zu erklären, nach welcher die vollendeten Organismen überhaupt aus gleichartigen und ungleichartigen Theilen (Individuen verschiedener Ordnung) zusammengesetzt sind, und hat die allgemein gültigen Gesetze zu bestimmen, nach denen der Zusammentritt dieser Theile zu einem Ganzen, die Zusammenfügung der Individuen verschiedener Ordnung zu einer höheren Einheit erfolgt: Allgemeine Baulehre oder generelle Tectologie (Drittes Buch). Weiterhin fällt dann zweitens der allgemeinen Formenlehre des vollendeten Organismus oder der generellen Anatomie die Aufgabe zu, die verschiedenen stereometrischen Grundformen aufzusuchen, welche den realen Formen jener Individuen verschiedener Ordnung zu Grunde liegen, und nachzuweisen, dass die unendliche Mannichfaltigkeit der existirenden Formen auf jene einfachen mathematisch bestimmbaren Fundamental-Gestalten zurückzuführen, und dass auch

gleicherweise eine allgemeine Gesetzmässigkeit in den äusseren Formen der Organismen überhaupt nachzuweisen ist: Allgemeine Grundformenlehre oder generelle Promorphologie der Organismen (Viertes Buch).

Diesen beiden Hauptzweigen der generellen Anatomie würden sich als coordinirte Disciplinen die beiden Hauptzweige der generellen Morphogenie gegenüberstellen: die allgemeine Ontogenie und die allgemeine Phylogenie. Die Bestimmung der grossen allgemeinen Gesetze, nach denen sich die einzelnen organischen Individuen überhaupt entwickeln, und meistens innerhalb der genealogischen Einheit des Eiproducts eine bestimmte Reihe von Formen durchlaufen, die allgemeine Betrachtung der wichtigsten und höchsten Modificationen, welche hier möglich sind, die Untersuchung der hauptsächlichsten Verschiedenheiten in den Entwickelungs-Vorgängen, welche man als Epigenese, Metamorphose, Metagenese etc. bezeichnet, und endlich die Feststellung allgemeiner Bildungsgesetze der genealogischen Individuen erster Ordnung oder der Eiproducte, diese Aufgaben würden zu lösen sein von der allgemeinen Entwickelungsgeschichte der Individuen (Eiproducte) oder der generellen Ontogenie (Fünftes Buch.) An diese würde dann endlich als letzte und höchste, bisher fast ganz vernachlässigte Aufgabe, sich unmittelbar anschliessen die Feststellung der allgemeinen grossen Gesetze, nach denen sich alle verschiedenen Organismen-Formen unserer Erde durch allmählige Umänderung im Laufe unendlicher Zeiträume aus einigen wenigen einfachen, spontan entstandenen Grundformen entwickelt haben. Die Summe aller verschiedenen Organismen, welche von einer und derselben Stammform abstammen, betrachten wir selbst wieder als eine zusammenhängende Formeinheit höheren Ranges und werden dieselbe unten als genealogisches Individuum dritter Ordnung oder Stamm (Phylon) näher ins Auge fassen. Die Begründung der allgemeinen Gesetze, nach denen jene allmählige Entwickelung zahlreicher und mannichfaltiger Organismen-Formen aus diesen wenigen, höchst einfachen, spontan entstandenen Stammformen erfolgt ist und immer noch weiter erfolgt, würde sich daher auch bezeichnen lassen als allgemeine Entwickelungsgeschichte der Stämme oder generelle Phylogenie (Sechstes Buch).

Die specielle Morphologie der Organismen, deren Behandlung ausserhalb des Plans dieses Werkes liegt, hat alle die verschiedenen Seiten der Formenerkenntniss, die wir in der generellen Morphologie nur ganz im Allgemeinen erörtern, auf einen einzelnen Organismus oder auf eine bestimmte Gruppe von Organismen (eine Klasse, Familie etc.) im Einzelnen anzuwenden und vollständig auszuführen und im weitesten Sinne alle Organismen in dieser Weise vergleichend zu untersuchen. Es wird also die

specielle Morphologie jedes einzelnen Organismus oder jeder einzelnen Organismen-Gruppe zunächst in die beiden Hauptzweige ihrer speciellen Anatomie und speciellen Morphogenie zerfallen, von denen die erstere dann wieder in Tectologie und Promorphologie, die letztere in Morphogenie und Phylogenie zu spalten wäre.

Während eine generelle Morphologie der Organismen bisher von den meisten Morphologen gar nicht in Erwägung gezogen und von keinem ernstlich in Angriff genommen war, so dass wir mit diesem ersten gewagten Versuche überall Gefahr laufen, in dem unabsehbar weiten Gebiete unser eben so hohes als entferntes Ziel aus den Augen zu verlieren und uns auf trügerischen Seitenpfaden zu verirren, so liegt dagegen für die specielle Morphologie vieler einzelner grösserer und kleinerer Organismen-Gruppen schon sehr viel werthvolles, durch den Fleiss zahlreicher emsiger Arbeiter gehäuftes Material vor, welches oft nur des verbindenden Gedankens bedarf, um als ein leidlich vollkommenes und relativ fertiges Ganzes zu erscheinen.

Eine ganz vollkommene und allen Anforderungen menschlicher Erkenntniss entsprechende specielle Morphologie giebt es freilich trotz der zahllosen einzelnen morphologischen Arbeiten noch von keinem einzigen Organismus, geschweige von einer ganzen Organismen-Gruppe. Selbst die Form-Erkenntniss desjenigen Organismus, der bei weitem am genauesten von den zahlreichsten Arbeitern untersucht ist, und den wir daher im Ganzen genommen am besten kennen, die Morphologie des Menschen, zeigt dennoch so zahlreiche und grosse Lücken, dass wir von einem vollständigen Verständniss noch weit entfernt sind. Dies gilt sowohl von der Anatomie (Tectologie und Promorphologie) des Menschen, als von der Ontogenie, und ganz besonders von der Phylogenie desselben, die überhaupt von allen Zweigen der Morphologie nicht allein der wichtigste, sondern auch der am meisten vernachlässigte ist. Die zukünftige Phylogenie des Menschen hat die hohe Aufgabe, seine allmählige Entwickelung aus dem Wirbelthier-Stamme und die stufenweise historische Differenzirung desselben bis zum Anfange der sogenannten „Weltgeschichte" hinauf zu verfolgen. Die vergleichende Ethnographie (oder die comparative Anthropologie im engeren Sinne), ein höchst wichtiger Zweig der menschlichen Biologie, der aber noch ganz in der Wiege liegt, wird hier das unlösbare Band zu knüpfen haben, welches die vergleichende Anatomie nnd Physiologie der Wirbelthiere mit der Völkergeschichte (oder der sogenannten „Weltgeschichte") unmittelbar zu einem grossen, harmonischen Ganzen verbindet. Hier, wie überall in unserer Wissenschaft, liegen aber noch die einzelnen Haufen des rohen Baumaterials unverbunden neben einander, und es wird wohl noch lange dauern, ehe auch nur das Bewusstsein von der Nothwendigkeit ihrer Verbindung in der Wissenschaft wird allgemein geworden sein.

Viertes Capitel.

Methodik der Morphologie der Organismen.

„Wenn ein Wissen reif ist, Wissenschaft zu werden, so muss nothwendig eine Krise entstehen: denn es wird die Differenz offenbar zwischen denen, die das Einzelne trennen und getrennt darstellen, und solchen, die das Allgemeine im Auge haben und gern das Besondere an- und einfügen möchten. Wie nun aber die wissenschaftliche, ideelle, umgreifendere Behandlung sich mehr und mehr Freunde, Gönner und Mitarbeiter wirbt, so bleibt auf der höheren Stufe jene Trennung zwar nicht so entschieden, aber doch genugsam merklich." Goethe.

Viertes Capitel: Erste Hälfte.

KRITIK DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN METHODEN, WELCHE SICH GEGENSEITIG NOTHWENDIG ERGÄNZEN MÜSSEN.

I. Empirie und Philosophie.

(Erfahrung und Erkenntniss.)

„Die wichtigsten Wahrheiten in den Naturwissenschaften sind weder allein durch Zergliederung der Begriffe der Philosophie, noch allein durch blosses Erfahren gefunden worden, sondern durch eine denkende Erfahrung, welche das Wesentliche von dem Zufälligen in der Erfahrung unterscheidet, und dadurch Grundsätze findet, aus welchen viele Erfahrungen abgeleitet werden. Dies ist mehr als blosses Erfahren, und wenn man will, eine philosophische Erfahrung." Johannes Müller (Handbuch der Physiologie des Menschen. II. p. 522.)

„Vergleichen wir die morphologischen Wissenschaften mit den physikalischen Theorieen, so müssen wir uns gestehen, dass erstere in jeder Hinsicht unendlich weit zurück sind. Die Ursache dieser Erscheinung liegt nun allerdings zum Theil in dem Gegenstande, dessen verwickeltere Verhältnisse sich noch am meisten der mathematischen Behandlung entziehen; aber grossentheils ist auch die grosse Nichtachtung methodologischer Verständigung daran schuld, indem man sich

einerseits durchaus nicht um scharfe Fassung der leitenden Principien bekümmert, andererseits selbst die allgemeinsten und bekanntesten Anforderungen der Philosophie hintangesetzt hat, weil bei dem weiten Abstande ihrer allgemeinen Aussprüche von den Einzelheiten, mit denen sich die empirischen Naturwissenschaften beschäftigen, die Nothwendigkeit ihrer Anwendung sich der unmittelbaren Auffassung entzog. So sind gar viele Arbeiter in dieser Beziehung durchaus nicht mit ihrer Aufgabe verständigt, und die Fortschritte in der Wissenschaft hängen oft rein vom Zufall ab." Schleiden (Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik. „§. 3. Methodik oder über die Mittel zur Lösung der Aufgaben in der Botanik.")

Wir erlauben uns, dieses methodologische Capitel, welches die Mittel und Wege zur Lösung unserer morphologischen Aufgaben zeigen soll, mit zwei vortrefflichen Aussprüchen von den beiden grössten Morphologen einzuleiten, welche im fünften Decennium unseres Jahrhunderts die organische Naturwissenschaft in Deutschland beherrschten. Wie Johannes Müller für die Zoologie, so hat Schleiden damals für die Botanik mit der klarsten Bestimmtheit den Weg gewiesen, welcher uns allein auf dem Gebiete der Biologie, und insbesondere auf dem der Morphologie, zu dem Ziele unserer Wissenschaft hinzuführen vermag. Dieser einzig mögliche Weg kann natürlich kein anderer sein, als derjenige, welcher für alle Naturwissenschaften — oder, was dasselbe ist, für alle wahren Wissenschaften — ausschliessliche Gültigkeit hat. Es ist dies der Weg der denkenden Erfahrung, der Weg der philosophischen Empirie. Wir könnten ihn ebenso gut als den Weg des erfahrungsmässigen Denkens, den Weg der empirischen Philosophie bezeichnen.

Absichtlich stellen wir die bedeutenden Aussprüche dieser beiden grossen „empirischen und exacten" Naturforscher an die Spitze dieses methodologischen Capitels, weil wir dadurch hoffen, die Aufmerksamkeit der heutigen Morphologen und der Biologen überhaupt intensiver auf einen Punkt zu lenken, der nach unserer innigsten Ueberzeugung für den Fortschritt der gesammten Biologie, und der Morphologie insbesondere, von der allergrössten Bedeutung ist, der aber gerade im gegenwärtigen Zeitpunkte in demselben Maasse von den allermeisten Naturforschern völlig vernachlässigt wird, als er vor allen anderen hervorgehoben zu werden verdiente. Es ist dies die gegenseitige Ergänzung von Beobachtung und Gedanken, der innige Zusammenhang von Naturbeschreibung und Naturphilosophie, die nothwendige Wechselwirkung zwischen Empirie und Theorie.

Einer der grössten Morphologen, den unser deutsches Vaterland erzeugt hat, der jetzt noch lebende Nestor der deutschen Naturforscher, Carl Ernst v. Bär, hat dem classischen Werke, durch welches er

die thierische Ontogenie, eine sogenannte „rein empirische und descriptive Wissenschaft," neu begründete, den Titel vorangesetzt: „Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion." Wenn seine Nachfolger diese drei Worte stets bei ihren Arbeiten im Auge behalten hätten, würde es besser um unsere Wissenschaft aussehen, als es jetzt leider aussieht. „Beobachtung und Reflexion" sollte die Ueberschrift jeder wahrhaft naturwissenschaftlichen Arbeit lauten können. Bei wie vielen aber ist dies möglich? Wenn wir ehrlich sein wollen, können wir ihre Zahl kaum gering genug anschlagen, und finden unter hunderten kaum eine. Und dennoch können nur durch die innigste Wechselwirkung von Beobachtung und Reflexion wirkliche Fortschritte in jeder Naturwissenschaft, und also auch in der Morphologie, gemacht werden. Hören wir weiter, was C. E. v. Bär, der „empirische und exacte" Naturforscher, in dieser Beziehung sagt:

„Zwei Wege sind es, auf denen die Naturwissenschaft gefördert werden kann, Beobachtung und Reflexion. Die Forscher ergreifen meistens für den einen von beiden Partei. Einige verlangen nach Thatsachen, andere nach Resultaten und allgemeinen Gesetzen, jene nach Kenntniss, diese nach Erkenntniss, jene möchten für besonnen, diese für tiefblickend gelten. Glücklicherweise ist der Geist des Menschen selten so einseitig ausgebildet, dass es ihm möglich wird, nur den einen Weg der Forschung zu gehen, ohne auf den anderen Rücksicht zu nehmen. Unwillkührlich wird der Verächter der Abstraction sich von Gedanken bei seiner Beobachtung beschleichen lassen; und nur in kurzen Perioden der Fieberhitze ist sein Gegner vermögend, sich der Speculation im Felde der Naturwissenschaft mit völliger Hintansetzung der Erfahrung hinzugeben. Indessen bleibt immer, für die Individuen sowohl als für ganze Perioden der Wissenschaft, die eine Tendenz die vorherrschende, der man mit Bewusstsein des Zwecks sich hingiebt, wenn auch die andere nicht ganz fehlt. [1])"

Mit diesen wenigen Worten ist das gegenseitige Wechselverhältniss von Beobachtung und Reflexion, die nothwendige Verbindung von empirischer Thatsachen-Kenntniss und von philosophischer Gesetzes-Erkenntniss treffend bezeichnet. Aber auch die Thatsache, dass in den einzelnen Naturforschern sowohl als in den einzelnen Perioden der Naturwissenschaft selten beide Richtungen in harmonischer Eintracht und gegenseitiger Durchdringung zusammenwirken, vielmehr eine von Beiden fast immer bedeutend über die andere überwiegt, ist von Bär sehr richtig hervorgehoben worden, und gerade dieser Punkt ist

[1]) C. E. v. Bär. Zwei Worte über den jetzigen Zustand der Naturgeschichte. Königsberg 1821. — Treffliche Worte, welche auch heute noch in den weitesten Kreisen Beherzigung verdienen!

es, auf den wir hier zunächst die besondere Aufmerksamkeit lenken möchten. Denn wenn wir einerseits überzeugt sind, dass wir nur durch die gemeinsame Thätigkeit beider Richtungen dem Ziele unserer Wissenschaft uns nähern können, und wenn wir andererseits zu der Einsicht gelangen, welche von beiden Richtungen im gegenwärtigen Stadium unserer wissenschaftlichen Entwickelung die einseitig überwiegende ist, so werden wir auch die Mittel zur Hebung dieser Einseitigkeit angeben und die Methode bestimmen können, welche die Morphologie gegenwärtig zunächst und vorzugsweise einzuschlagen hat.

Es bedarf nun keines allzutiefen Scharfblicks und keines allzuweiten Ueberblicks, um alsbald zu der Ueberzeugung zu gelangen, dass in dem ganzen zweiten Viertel des neunzehnten Jahrhunderts, und darüber hinaus bis jetzt, und zwar vorzüglich vom Jahre 1840—1860, die rein empirische und „exacte" Richtung ganz überwiegend in der Biologie, und vor Allem in der Morphologie geherrscht, und dass sie diese Alleinherrschaft in fortschreitendem Maasse dergestalt ausgedehnt hat, dass die speculative oder philosophische Richtung im fünften Decennium unseres Jahrhunderts fast vollständig von ihr verdrängt war. Auf allen Gebieten der Biologie, sowohl in der Zoologie, als in der Botanik, galt während dieses Zeitraums allgemein die Naturbeobachtung und die Naturbeschreibung als „die eigentliche Naturwissenschaft," und die „Naturphilosophie" wurde als eine Verirrung betrachtet, als ein Phantasiespiel, welches nicht nur nichts mit der Beobachtung und Beschreibung zu thun habe, sondern auch gänzlich aus dem Gebiete der „eigentlichen Naturwissenschaft" zu verbannen sei. Freilich war diese einseitige Verkennung der Philosophie nur zu sehr gefördert und gerechtfertigt durch das verkehrte und willkührliche Verfahren der sogenannten „Naturphilosophie," welche im ersten Drittel unseres Jahrhunderts die Naturwissenschaft zu unterwerfen suchte, und welche, statt von empirischer Basis auszugehen, in der ungemessensten Weise ihrer wilden und erfahrungslosen Phantasie die Zügel schiessen liess. Diese namentlich von Oken, Schelling u. s. w. ausgehende Naturphantasterei musste ganz natürlich als anderes Extrem den crassesten Empirismus hervorrufen. Der natürliche Rückschlag gegen diese letztere in demselben Grade einseitige Richtung trat erst im Jahre 1859 ein, als Charles Darwin seine grossartige Entdeckung der „natürlichen Züchtung" veröffentlichte und damit den Anstoss zu einem allgemeinen Umschwung der gesammten Biologie, und namentlich der Morphologie gab. Die gedankenvolle Naturbetrachtung, der im besten Sinne philosophische, d. h. naturgemäss denkende Geist, welcher sein epochemachendes Werk durchzieht, wird der vergessenen und verlassenen Naturphilosophie wieder zu dem ihr gebührenden Platze verhelfen und den Beginn einer neuen Periode der Wissenschaft be-

zeichnen. Freilich ist dieser gewaltige Umschwung bei weitem noch nicht zu allgemeinem Durchbruch gelangt; die Mehrzahl der Biologen ist noch zu sehr und zu allgemein in den Folgen der vorher überall herrschenden einseitig empirischen Richtung befangen, als dass wir die Rückkehr zur denkenden Naturbetrachtung als eine bewusste und allgemeine bezeichnen könnten. Indess hat dieselbe doch bereits in einigen Kreisen begonnen, an vielen Stellen feste Wurzel geschlagen, und wird voraussichtlich nicht allein in den nächsten Jahren schon das verlorene Terrain wieder erobern, sondern in wenigen Decennien sich so allgemeine Geltung verschafft haben, dass man (wohl noch vor Ablauf unseres Jahrhunderts) verwundert auf die Beschränktheit und Verblendung zahlreicher Naturforscher zurückblicken wird, die heute noch die Philosophie von dem Gebiete der Biologie ausschliessen wollen. Wir unsererseits sind unerschütterlich davon überzeugt, dass man in der wahrhaft „erkennenden" Wissenschaft die Empirie und die Philosophie gar nicht von einander trennen kann. Jene ist nur die erste und niederste, diese die letzte und höchste Stufe der Erkenntniss. Alle wahre Naturwissenschaft ist Philosophie und alle wahre Philosophie ist Naturwissenschaft. Alle wahre Wissenschaft aber ist in diesem Sinne Naturphilosophie.[1])

In der That könnte heute schon die allgemein übliche einseitige Ausschliessung der Philosophie aus der Naturwissenschaft jedem objectiv dies Verhältniss betrachtenden Gebildeten als ein befremdendes Räthsel erscheinen, wenn nicht der Entwickelungsgang der Biologie selbst ihm die Lösung dieses Räthsels sehr nahe legte. Wenn wir die Geschichte unserer Wissenschaft in den allgemeinsten Zügen überblicken, so bemerken wir alsbald, dass die beiden scheinbar entgegengesetzten, in der That aber innig verbundenen Forschungsrichtungen in der Naturwissenschaft, die beobachtende oder empirische und die denkende oder philosophische, zwar stets mehr oder minder eng verbunden neben einander herlaufen, dass aber doch, wie es

---

[1]) Wir zweifeln nicht, dass diese Sätze, welche wir für unumstössliche Wahrheiten halten, bei dem gegenwärtigen niederen Zustande unserer allgemeinen wissenschaftlichen Bildung noch sehr wenig Aussicht haben, allgemeine Geltung zu erlangen. Durch die alpenhohe Gebirgskette von Vorurtheilen, welche wir durch lange Generationsreihen ererbt, und Jahrtausende hindurch in unserer allgemeinen Weltanschauung befestigt haben, durch den äusserst mangelhaften, verkehrten und oft geradezu verderblichen Jugendunterricht, durch welchen wir in der bildsamsten Lebenszeit mit den absurdesten Irrthümern, statt mit natürlichen Wahrheiten angefüllt werden, ist unser gesammter geistiger Horizont gewöhnlich so beschränkt, unser natürlicher Blick so getrübt, dass wir als reife und erwachsene Männer gewöhnlich die grösste Mühe haben, den einfachen Weg zu unserer Mutter „Natur" zurückzufinden. Sind ja die meisten sogenannten „Wissenschaften," z. B. die historischen, gewohnt, den Menschen als etwas ausser und über der Natur Stehendes hinzustellen!

Bär sehr richtig ausdrückt, immer die eine der beiden Richtungen über die andere bedeutend überwiegt, und zwar „sowohl für die Individuen, als für ganze Perioden der Wissenschaft.“ So finden wir ein beständiges Oscilliren, einen Wechsel der beiden Richtungen, der uns zeigt, dass niemals in gleichmässigem Fortschritt, sondern stets in wechselnder Wellenbewegung die Biologie ihrem Ziele sich nähert. Die Excesse, welche jede der beiden Forschungsrichtungen begeht, sobald sie das Uebergewicht über die andere gewonnen hat, die Ausschliesslichkeit, durch welche jede in der Regel sich als die allein richtige, als die „eigentliche“ Methode der Naturwissenschaft betrachtet, führen nach längerer oder kürzerer Dauer wieder zu einem Umschwung, welcher der überlegenen Gegnerin abermals zur Herrschaft verhilft.

Wie dieser regelmässige Regierungs-Wechsel von empirischer und philosophischer Naturforschung auf dem gesammten Gebiete der Biologie uns überall entgegentritt, so sehen wir ganz besonders bei einem allgemeinen Ueberblick des Entwickelungsganges, den die Morphologie vom Anfang des vorigen Jahrhunderts an genommen, dass die beiden feindlichen Schwestern, die doch im Grunde nicht ohne einander leben können, stets abwechselnd die Herrschaft behauptet haben. Nachdem Linné die Morphologie der Organismen zum ersten Male in feste wissenschaftliche Form gebracht, und ihr das systematische Gewand angezogen hatte, wurde zunächst der allgemeine Strom der neubelebten Naturforschung auf die rein empirische Beobachtung und Beschreibung der zahllosen neuen Formen hingelenkt, welche unterschieden, benannt und in das Fachwerk des Systems eingeordnet werden mussten. Die systematische Beschreibung und Benennung, als Mittel des geordneten Ueberblicks der zahllosen Einzelformen, wurde aber bald Selbstzweck, und damit verlor sich die Formbeobachtung der Thiere und Pflanzen in der gedankenlosesten Empirie. Das massenhaft sich anhäufende Roh-Material forderte mehr und mehr zu einer denkenden Verwerthung desselben auf, und so entstand die Schule der Naturphilosophen, als deren bedeutendsten Forscher, wenn auch nicht (wegen mangelnder Anerkennung) als deren eigentlichen Begründer wir Lamarck bezeichnen müssen [1]). In Deutschland vorzüglich durch Oken und Goethe, in Frankreich durch Lamarck und Etienne Geoffroy S. Hilaire vertreten, war diese ältere Naturphilosophie eifrigst bemüht, aus dem Chaos der zahllosen Einzelbeobachtungen, die sich immer mehr zu einem unübersehbaren Berge häuften, allgemeine Gesetze abzuleiten und den Zusammenhang der Erscheinungen zu ermitteln. Wie weit sie schon damals auf diesem

---

[1]) Selten ist wohl das Verdienst eines der bedeutendsten Männer so völlig von seinen Zeitgenossen verkannt und gar nicht gewürdigt worden, wie es mit Lamarck ein halbes Jahrhundert hindurch der Fall war. Nichts beweist dies vielleicht so schlagend, als der Umstand, dass Cuvier in seinem Bericht über die Fortschritte der Naturwissenschaften, in welchem auch die unbedeutendsten Bereicherungen des empirischen Materials aufgeführt werden, des bedeutendsten aller biologischen Werke jenes Zeitraums, der Philosophie zoologique von Lamarck, mit keinem Worte Erwähnung thut!

Wege gelangte, zeigt die classische Philosophie zoologique von Lamarck (1809) und die bewunderungswürdige Metamorphose der Pflanzen von Goethe (1790). Doch war die empirische Basis, auf welcher diese Heroen der Naturforschung ihre genialen Gedankengebäude errichteten, noch zu schmal und unvollkommen, die ganze damalige Kenntniss der Organismen noch zu sehr bloss auf die äusseren Form-Verhältnisse beschränkt, als dass ihre denkende Naturbetrachtung die festesten Anhaltspunkte hätte gewinnen und die darauf gegründeten allgemeinen Gesetze schon damals eine weitere Geltung hätten erringen können. Entwickelungsgeschichte und Palaeontologie existirten noch nicht, und die vergleichende Anatomie hatte kaum noch Wurzeln geschlagen. Wie weit aber diese Genien trotzdem ihrer Zeit vorauseilten, bezeugt vor Allem die (in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts fast allgemein ignorirte) Thatsache, dass Beide, sowohl Lamarck, als Goethe, die wichtigsten Sätze der Descendenz-Theorie bereits mit voller Klarheit und Bestimmtheit aussprachen. Erst ein volles halbes Jahrhundert später sollte Darwin dafür die Beweise liefern.

Die eigentliche Blüthezeit der älteren Naturphilosophie fällt in die ersten Decennien unseres Jahrhunderts. Aber schon im zweiten und noch schneller im dritten näherte sie sich ihrem jähen Untergange, theils durch eigene Verblendung und Ausartung, theils durch Mangel an Verständniss bei der Mehrzahl der Zeitgenossen, theils durch das rasche und glänzende Emporblühen der empirischen Richtung, welche in Cuvier einen neuen und gewaltigen Reformator fand. Gegenüber der willkührlichen und verkehrten Phantasterei, in welche die Naturphilosophie bald sowohl in Frankreich als in Deutschland damals ausartete, war es dem exacten, strengen und auf der breitesten empirischen Basis stehenden Cuvier ein Leichtes, die verwilderten und undisciplinirten Gegner aus dem Felde zu schlagen. Bekanntlich war es der 22. Februar 1830, an welchem der Conflict zwischen den beiden entgegengesetzten Richtungen in der Pariser Akademie zum öffentlichen Austrage kam, und damit definitiv geendigt zu sein schien, dass Cuvier seinen Hauptgegner E. Geoffroy S. Hilaire mit Hülfe seiner überwiegenden empirischen Beweismittel in den Augen der grossen Mehrheit vollständig besiegte. Dieser merkwürdige öffentliche Conflict, durch welchen die Niederlage der älteren Naturphilosophie besiegelt wurde, ist in mehrfacher Beziehung vom höchsten Interesse, vorzüglich auch desshalb, weil er von Goethe in der meisterhaftesten Form in einem kritischen Aufsatze dargestellt wurde, welchen derselbe wenige Tage vor seinem Tode (im März 1832) vollendete. Dieser höchst lesenswerthe Aufsatz, das letzte schriftliche Vermächtniss, welches der deutsche Dichterfürst uns hinterlassen, enthält nicht allein eine vortreffliche Characteristik von Cuvier und Geoffroy S. Hilaire, sondern auch eine ausgezeichnete Darstellung der beiden entgegengesetzten von ihnen vertretenen Richtungen, „des immerwährenden Conflictes zwischen den Denkweisen, in die sich die wissenschaftliche Welt schon lange trennt; zwei Denkweisen, welche sich in dem menschlichen Geschlechte meistens getrennt und dergestalt vertheilt finden, dass sie, wie überall, so auch im Wissenschaftlichen, schwer zusammen verbunden angetroffen werden, und wie sie getrennt sind, sich nicht wohl

vereinigen mögen. Haben wir die Geschichte der Wissenschaften und eine eigene lange Erfahrung vor Augen, so möchte man befürchten, die menschliche Natur werde sich von diesem Zwiespalt kaum jemals retten können."

Die Niederlage der älteren Naturphilosophie, welche Cuvier als der Heerführer der neu erstehenden „exacten Empirie" herbeigeführt und in jenem Conflict offenbar gemacht hatte, war so vollständig, dass in den folgenden drei Decennien, von 1830—1860, unter der nun allgemein sich ausbreitenden empirischen Schule von Philosophie gar keine Rede mehr war. Mit den Träumereien und Phantasiespielen jener ausgearteten Naturphantasterei wurden auch die wahren und grossen Verdienste der alten Naturphilosophie vergessen, aus der jene hervorgegangen war, und man gewöhnte sich sehr allgemein an die Vorstellung, dass Naturwissenschaft und Philosophie in einem unversöhnlichen Gegensatze zu einander ständen. Dieser Irrthum wurde dadurch insbesondere begünstigt, dass die verbesserten Instrumente und Beobachtungs-Methoden der Neuzeit, und vor Allem die sehr verbesserten Mikroskope, der empirischen Naturbeobachtung ein unendlich weites Feld der Forschung eröffneten, auf welchem es ein Leichtes war, mit wenig Mühe und ohne grosse Gedanken-Anstrengung, Entdeckungen neuer Formverhältnisse in Hülle und Fülle zu machen. Während die Beobachtungen der ersten empirischen Periode, welche sich aus Linné's Schule entwickelte, vorzugsweise nur auf die äusseren Formenverhältnisse der Organismen gerichtet gewesen waren, wandte sich nun die zweite empirische Periode, welche aus Cuvier's Schule hervorging, vorwiegend der Beobachtung des inneren Baues der Thiere und Pflanzen zu. Und in der That gab es hier, nachdem Cuvier durch Begründung der vergleichenden Anatomie und der Palaeontologie ein weites neues Feld der Beobachtung geöffnet, nachdem Bär durch Reformation der Entwickelungsgeschichte und Schwann durch Begründung der Gewebelehre auf dem thierischen, Schleiden auf dem pflanzlichen Gebiete neue und grosse Ziele gesteckt, nachdem Johannes Müller die gesammte Biologie mit gewaltiger Hand in die neu geöffneten Bahnen der exacten Beobachtung hineingewiesen hatte, überall so unendlich Viel zu beobachten und zu beschreiben, es wurde so leicht, mit nur wenig Geduld, Fleiss und Beobachtungsgabe neue Thatsachen zu entdecken, dass wir uns nicht wundern können, wenn darüber die leitenden Principien der Naturforschung gänzlich vernachlässigt und die erklärende Gedanken-Arbeit von den meisten völlig vergessen wurde. Da noch im gegenwärtigen Augenblick diese „rein empirische" Richtung die allgemein überwiegende ist, da die Bezeichnung der Naturphilosophie noch in den weitesten naturwissenschaftlichen Kreisen nur als Schimpfwort gilt und selbst von den hervorragendsten Biologen nur in diesem Sinne gebraucht wird, so haben wir nicht nöthig, die grenzenlose Einseitigkeit dieser Richtung noch näher zu erläutern, und werden nur noch insofern näher darauf eingehen, als wir gezwungen sind, unseren Zeitgenossen ihr „exact-empirisches," d. h. gedankenloses und beschränktes Spiegelbild vorzuhalten. Theilweise ist dies schon im vorigen Capitel geschehen. Wiederholt wollen wir hier nur nochmals auf die seltsame Selbsttäuschung hinweisen, in welcher

die neuere Biologie befangen ist, wenn sie die nackte gedankenlose Beschreibung innerer und feinerer, insbesondere mikroskopischer Formverhältnisse als „wissenschaftliche Zoologie" und „wissenschaftliche Botanik" preist und mit nicht geringem Stolze der früher ausschliesslich herrschenden reinen Beschreibung der äusseren und gröberen Formverhältnisse gegenüberstellt, welche die sogenannten „Systematiker" beschäftigt. Sobald bei diesen beiden Richtungen, die sich so scharf gegenüber zu stellen belieben, die Beschreibung an sich das Ziel ist (— gleichviel ob der inneren oder äusseren, der feineren oder gröberen Formen —), so ist die eine genau so viel werth, als die andere. Beide werden erst zur Wissenschaft, wenn sie die Form zu erklären und auf Gesetze zurückzuführen streben.

Nach unserer eigenen innigsten Ueberzeugung ist der Rückschlag, der gegen diese ganz einseitige und daher beschränkte Empirie nothwendig früher oder später erfolgen musste, bereits thatsächlich erfolgt, wenn auch zunächst nur in wenigen engen Kreisen. Die 1859 von Charles Darwin veröffentlichte Entdeckung der natürlichen Züchtwahl im Kampfe ums Dasein, eine der grössten Entdeckungen des menschlichen Forschungstriebes, hat mit einem Male ein so gewaltiges und klärendes Licht in das dunkle Chaos der haufenweis gesammelten biologischen Thatsachen geworfen, dass es auch den crassesten Empirikern fernerhin, wenn sie überhaupt mit der Wissenschaft fortschreiten wollen, nicht mehr möglich sein wird, sich der daraus emporwachsenden neuen Naturphilosophie zu entziehen. Indem die von Darwin neu begründete Descendenz-Theorie die ganze gewaltige Fülle der seither empirisch angehäuften Thatsachen-Massen durch einen einzigen genialen Gedanken erleuchtet, die schwierigsten Probleme der Biologie aus dem einen obersten Gesetze der „wirkenden Ursachen" vollständig erklärt, die unzusammenhängende Masse aller biologischen Erscheinungen auf dieses eine einfache grosse Naturgesetz zurückführt, hat sie bereits thatsächlich die bisher ausschliesslich herrschende Empirie völlig überflügelt und einer neuen und gesunden Philosophie die weiteste und fruchtbarste Bahn geöffnet. Es ist eine Hauptaufgabe des vorliegenden Werkes, zu zeigen, wie die wichtigsten Erscheinungsreihen der Morphologie sich mit Hülfe derselben vollständig erklären und auf grosse und allgemeine Naturgesetze zurückführen lassen.

Wenn wir das Resultat dieses flüchtigen Ueberblickes über den inneren Entwickelungsgang der Morphologie in wenigen Worten zusammenfassen, so können wir füglich von Beginn des achtzehnten Jahrhunderts an bis jetzt vier, abwechselnd empirische und philosophische Perioden der Morphologie unterscheiden, welche durch die Namen von Linné, Lamarck, Cuvier, Darwin bezeichnet sind, nämlich: I. Periode: Linné (geb. 1707). Erste empirische Periode (Achtzehntes Jahrhundert). Herrschaft der empirischen äusseren Morphologie (Systematik). II. Periode: Lamarck (geb. 1744) und Goethe (geb. 1749 [1]). Erste philosophische Periode. (Erstes

[1]) Wir nennen hier absichtlich Lamarck und Goethe als die geistvollsten Repräsentanten der älteren Naturphilosophie, wenngleich sie sich entfernt nicht

Drittel des neunzehnten Jahrhunderts). Herrschaft der phantastisch-philosophischen Morphologie (Aeltere Naturphilosophie). III. Periode: Cuvier (geb. 1769).[1]) Zweite empirische Periode. (Zweites Drittel des neunzehnten Jahrhunderts). Herrschaft der empirischen inneren Morphologie (Anatomie). IV. Periode: Darwin (geb. 1808). Zweite philosophische Periode. Begonnen 1859. Herrschaft der empirisch-philosophischen Morphologie (Neuere Naturphilosophie).

Indem wir die beiden Richtungen der organischen Morphologie, die empirische und philosophische, so schroff einander gegenüberstellen, müssen wir ausdrücklich bemerken, dass nur die grosse Masse der beschränkteren und gröber organisirten Naturforscher es war, welche diesen Gegensatz in seiner ganzen Schärfe ausbildete und entweder die eine oder die andere Methode als die allein seligmachende pries und für die „eigentliche" Naturwissenschaft hielt. Die umfassenderen und feiner organisirten Naturforscher, und vor Allen die grossen Coryphaeen, deren Namen wir an die Spitze der von ihnen beherrschten Perioden gestellt haben, waren stets mehr oder minder überzeugt, dass nur eine innige Verbindung von Beobachtung und Theorie, von Empirie und Philosophie, den Fortschritt der Naturwissenschaft wahrhaft fördern könnte. Man pflegt gewöhnlich Cuvier als den strengsten und exclusivsten Empiriker, als den abgesagtesten Feind jeder Naturphilosophie hinzustellen. Und sind nicht seine besten Arbeiten, seine werthvollsten Entdeckungen, wie z. B. die Aufstellung der 4 thierischen Typen (Stämme), die Begründung des Gesetzes von der Correlation der Theile, von den Causes finales, Ausflüsse der reinsten Naturphilosophie? Ist nicht die von ihm neu begründete „vergleichende Anatomie" ihrem ganzen Wesen nach eine rein philosophische Wissenschaft, welche das empirische Material der Zootomie bloss als Basis braucht? Ist es nicht lediglich der Gedanke, die Theorie, welche auf der rein empirischen Zootomie als nothwendiger Grundlage das philosophische Lehrgebäude der vergleichenden Anatomie errichten? Und wenn Cuvier aus einem einzigen Zahne oder Knochen eines fossilen Thieres die ganze Natur und systematische Stellung desselben mit Sicherheit erkannte, war dies Beobachtung oder war es Reflexion? Betrachten wir andererseits den Stifter der älteren Naturphilosophie, Lamarck, so brauchen wir, um den Vorwurf der Einseitigkeit zu widerlegen, bloss darauf hinzuweisen, dass dieser eminente Mann seinen Ruf als grosser Naturforscher grösstentheils einem vorwiegend descriptiven Werke, der berühmten „Histoire naturelle des animaux sans vertebres" verdankte. Seine „Philosophie zoologique," welche die Descendenz-Lehre zum

---

desselben Einflusses und derselben Anerkennung zu erfreuen hatten, wie Etienne Geoffroy S. Hilaire (geb. 1771) und Lorenz Oken (geb. 1779), die gewöhnlich als die Coryphaeen dieser Richtung vorangestellt werden.

[1]) Als hervorragende Coryphaeen dieser Periode würden wir hier noch Johannes Müller, Schleiden und einige Andere hervorzuheben haben, wenn nicht gerade diese bedeutendsten Männer, als wahrhaft philosophische Naturforscher, sich von der grossen Einseitigkeit frei gehalten hätten, welche Cuvier's Schule und der grosse Tross der Zeitgenossen zum extremsten Empirismus ausbildete.

ersten Male als vollkommen abgerundete Theorie aufstellte, eilte mit ihrem prophetischen Gedankenfluge seiner Zeit so voraus, dass sie von seinen Zeitgenossen gar nicht verstanden und ein volles halbes Jahrundert hindurch (1809—1859) todtgeschwiegen wurde. Johannes Müller, den wir Deutschen mit gerechtem Stolz als den grössten Biologen der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts unser eigen nennen, und der in den Augen der meisten jetzt lebenden Biologen als der strengste Empiriker und Gegner der Naturphilosophie gilt, verdankt die Fülle seiner zahlreichen und grossen Entdeckungen viel weniger seinem ausgezeichneten sinnlichen Beobachtungstalent, als seinem combinirenden Gedankenreichthum und der natürlichen Philosophie seiner wahrhaft denkenden Beobachtungsmethode. Charles Darwin, der grösste aller jetzt lebenden Naturforscher, überragt uns Alle nicht allein durch Ideenreichthum und Gedankenfülle seines die ganze organische Natur umfassenden Geistes, sondern eben so sehr durch die intensiv und extensiv gleich bedeutende und fruchtbare Methode seiner empirischen Naturbeobachtung.

Nach unserer festesten Ueberzeugung können nur diejenigen Naturforscher wahrhaft fördernd und schaffend in den Gang der Wissenschaft eingreifen, welche, bewusst oder unbewusst, eben so scharfe Denker, als sorgfältige Beobachter sind. Niemals kann die blosse Entdeckung einer nackten Thatsache, und wäre sie noch so merkwürdig, einen wahrhaften Fortschritt in der Naturwissenschaft herbeiführen, sondern stets nur der Gedanke, die Theorie, welche diese Thatsache erklärt, sie mit den verwandten Thatsachen vergleichend verbindet, und daraus ein Gesetz ableitet. Betrachten wir die grössten Naturforscher, welche zu allen Zeiten auf dem biologischen Gebiete thätig gewesen sind, von Aristoteles an, Linné und Cuvier, Lamarck und Goethe, Bär und Johannes Müller und wie die Reihe der glänzenden Sterne erster Grösse, bis auf Charles Darwin herab, weiter heisst — sie alle sind ebenso grosse Denker, als Beobachter gewesen, und sie alle verdanken ihren unsterblichen Ruhm nicht der Summe der einzelnen von ihnen entdeckten Thatsachen, sondern ihrem denkenden Geiste, der diese Thatsachen in Zusammenhang zu bringen und daraus Gesetze abzuleiten verstand. Die rein empirischen Naturforscher, welche nur durch Entdeckung neuer Thatsachen die Wissenschaft zu fördern glauben, können in derselben ebenso wenig etwas leisten, als die rein speculativen Philosophen, welche der Thatsachen entbehren zu können glauben und die Natur aus ihren Gedanken construiren wollen. Diese werden zu phantastischen Träumern, jene im besten Falle zu genauen Copirmaschinen der Natur. Im Grunde freilich gestaltet sich das thatsächliche Verhältniss überall so, dass die reinen Empiriker sich mit einer unvollständigen und unklaren, ihnen selbst nicht bewussten Philosophie, die reinen Philosophen dagegen mit einer eben solchen, unreinen und mangelhaften Empirie begnügen. Das Ziel der Naturwissenschaft ist die Herstellung eines vollkommen architectonisch geordneten Lehrgebäudes. Der reine Empiriker bringt statt dessen einen ungeordneten Steinhaufen zusammen; der reine Philosoph auf der andern Seite baut Luftschlösser, welche der erste empirische Windstoss über den Haufen wirft. Jener begnügt sich mit dem Rohmaterial,

dieser mit dem Plan des Gebäudes. Aber nur durch die innigste Wechselwirkung von empirischer Beobachtung und philosophischer Theorie kann das Lehrgebäude der Naturwissenschaft wirklich zu Stande kommen.

Wir schliessen diesen Abschnitt, wie wir ihn begonnen, mit einem Ausspruch von Johannes Müller: „Die Phantasie ist ein unentbehrliches Gut; denn sie ist es, durch welche neue Combinationen zur Veranlassung wichtiger Entdeckungen gemacht werden. Die Kraft der Unterscheidung des isolirenden Verstandes sowohl, als der erweiternden und zum Allgemeinen strebenden Phantasie sind dem Naturforscher in einem harmonischen Wechselwirken nothwendig. Durch Störung dieses Gleichgewichts wird der Naturforscher von der Phantasie zu Träumereien hingerissen, während diese Gabe den talentvollen Naturforscher von hinreichender Verstandesstärke zu den wichtigsten Entdeckungen führt.[1])

II. Analyse und Synthese.

„Ein Jahrhundert, das sich bloss auf die Analyse verlegt, und sich vor der Synthese gleichsam fürchtet, ist nicht auf dem rechten Wege; denn nur beide zusammen, wie Aus- und Einathmen, machen das Leben der Wissenschaft. — Die Hauptsache, woran man bei ausschliesslicher Anwendung der Analyse nicht zu denken scheint, ist, dass jede Analyse eine Synthese voraussetzt. — Sondern und Verknüpfen sind zwei unzertrennliche Lebensacte. Vielleicht ist es besser gesagt, dass es unerlässlich ist, man möge wollen oder nicht, aus dem Ganzen ins Einzelne, aus dem Einzelnen ins Ganze zu gehen; und je lebendiger diese Functionen des Geistes, wie Aus- und Einathmen, sich zusammen verhalten, desto besser wird für die Wissenschaften und ihre Freunde gesorgt sein."

Die vorstehenden Worte von Goethe bezeichnen das nothwendige Wechselverhältniss zwischen der sondernden Analyse und der verknüpfenden Synthese so treffend, dass wir mit keinen besseren Worten die folgende Betrachtung einleiten konnten. Wenn wir hier diese wichtigen gegenseitigen Beziehungen zwischen der analytischen und synthetischen, der auflösenden und zusammensetzenden Naturforschung kurz einer gesonderten Betrachtung unterziehen, so geschieht es hauptsächlich, weil wir die vielfach verkannte nothwendige Wechselwirkung zwischen diesen wichtigen Methoden für die Morphologie besonders eindringlich hervorzuheben wünschen, und weil gerade im gegenwärtigen Zeitpunkte eine klare Beleuchtung dieses Verhältnisses von besonderer Wichtigkeit erscheint. Da die analytische oder sondernde

---

[1]) Johannes Müller, Archiv für Anatomie etc. I. Jahrgg. 1834. p. 4.

Methode vorzugsweise von der empirischen Naturbeobachtung, die synthetische oder verknüpfende Methode vorzugsweise von der philosophischen Naturbetrachtung angewendet wird, so schliessen sich die folgenden Bemerkungen darüber unmittelbar an das im vorigen Abschnitt Gesagte an. Hiervon ausgehend werden wir schon im Voraus sagen können, dass ein Grundfehler der gegenwärtig in der Biologie herrschenden Richtung in der einseitigen Ausbildung der Analyse, und in der übermässigen Vernachlässigung der Synthese liegen wird. Und so verhält es sich auch in der That. Auf allen Gebieten der organischen Morphologie, in der Organologie und in der Histologie, in der Entwickelungsgeschichte der Individuen und in derjenigen der Stämme, ist man seit langer Zeit fast ausschliesslich analytisch verfahren und hat die synthetische Betrachtung eigentlich nur selten, und in so geringer Ausdehnung, mit so übertriebener Scheu angewendet, dass man sich ihrer Fruchtbarkeit, ja ihrer Unentbehrlichkeit gar nicht bewusst geworden ist. Und doch ist es die Synthese, durch welche die Analyse erst ihren wahren Werth erhält, und durch welche wir zu einem wirklichen Verständniss des durch die Analyse uns bekannt gewordenen Organismus gelangen.

Bei einem Rückblicke auf die beiden empirischen Perioden der Morphologie, die wir im vorigen Abschnitt charakterisirt haben, finden wir, dass zwar Beide, im Gegensatz zu der dazwischen liegenden, vorzugsweis der Synthese zugewandten Periode der Naturphilosophie, vorwiegend die Analyse cultivirten, dass aber die zweite empirische Periode, seit Cuvier, in dieser Beziehung sich noch viel einseitiger entwickelte, als die erste empirische Periode, seit Linné. Denn die von der letzteren fast ausschliesslich betriebene Unterscheidung und Beschreibung der äusseren Körperformen führte immer zuletzt zur Systematik hin, welche an sich schon einen gewissen Grad von synthetischer Thätigkeit erfordert, wogegen die analytische Untersuchung und Darstellung der inneren Körperformen, die „Anatomie“ im engeren Sinne, welche Cuvier's Nachfolger vorzugsweise beschäftigte, der Synthese in weit höherem Maasse entbehren konnte. Zwar hatte Cuvier der letzteren das hohe Ziel gesteckt, durch Vergleichung (und das ist ja eben auch Synthese) sich zur vergleichenden Anatomie zu erheben; indess wurde eine wahrhaft philosophische Vergleichung, wie Cuvier selbst und Johannes Müller sie so fruchtbar und so vielfach geübt hatten, von der Mehrzahl ihrer Nachfolger so selten angewandt, dass die meisten Arbeiten, welche sich „vergleichend anatomisch“ nennen, diesen Namen nicht verdienen. Diese einseitige Ausbildung der Analyse, welche sich mit der Kenntniss der einzelnen Theile des Organismus begnügt, ohne die Erkenntniss des Ganzen im Auge zu behalten, hat sich in den letzten drei Decennien jährlich in zunehmen-

der Progression gesteigert, insbesondere seitdem Jedermann mit dem Mikroskop anfing „Entdeckungen“ zu machen. Eine möglichst vollständige histologische Analyse des Körpers wurde bald allgemein das höchste Ziel; und über der Beschreibung und Abbildung der einzelnen Zellenformen vergass man völlig den ganzen Organismus, welchen dieselben zusammensetzen.

Nun ist zwar nach unserer Ansicht durch Darwin, welcher die Synthese wieder im grossartigsten Maassstabe aufgenommen und mit dem überwältigendsten Erfolge in der gesammten organischen Morphologie angewandt hat, deren hohe Bedeutung so sehr zu Tage getreten, dass die bisherige einseitige Analyse sich in ihrer exclusiven Richtung nicht fürder wird behaupten können. Indess halten wir es doch nicht für überflüssig, die äusserst wichtige Wechselbeziehung zwischen der analytischen Untersuchung des Einzelnen und und der synthetischen Betrachtung des Ganzen hier nochmals ausdrücklich zu betonen. Allerdings muss die erstere der letzteren vorausgehen, aber nur als die erste Stufe der Erkenntniss, welche erst mit der letzteren ihren wahren Abschluss erreicht. Bleibt die Naturforschung, wie es nur zu häufig geschieht, bei dem Resultate der reinen Analyse stehen, so kommt bei ihr der Spruch von Goethe[1]) zur Anwendung:

„Wer will was Lebendig's erkennen und beschreiben,
Sucht erst den Geist herauszutreiben;
Dann hat er die Theile in seiner Hand,
Fehlt leider nur das geistige Band.“

Der grosse Nachtheil, den die einseitige Ausbildung der Analyse und die Vernachlässigung der Synthese unserer Wissenschaft gebracht hat, zeigt sich vielleicht nirgends in so auffallendem Maassstabe, als in den Folgen, welche für die Morphologie das eben so verderbliche als seltsame Dogma von der Constanz und von der absoluten Individualität der Species gehabt hat. Wer die Geschichte unserer Wissenschaft seit Linné, der sich durch Aufstellung des Species-Begriffs ein grosses Verdienst um die formelle Ausbildung derselben erwarb, kennt, der weiss, dass dieses

[1]) Eine vorzügliche Schilderung des Gegensatzes der Analyse und Synthese, an den hervorragenden Persönlichkeiten von Cuvier und Geoffroy S. Hilaire durchgeführt, hat Goethe in seiner merkwürdigen oben erwähnten Kritik der „Philosophie zoologique“ gegeben. Es heisst darin unter Anderem: „Cuvier arbeitet unermüdlich als Unterscheidender, das Vorliegende genau Beschreibender, und gewinnt sich eine Herrschaft über eine unermessliche Breite. Geoffroy Saint-Hilaire hingegen ist im Stillen um die Analogieen der Geschöpfe und ihre geheimnissvollen Verwandtschaften bemüht; jener geht aus dem Einzelnen in ein Ganzes, welches zwar vorausgesetzt, aber als nie erkennbar betrachtet wird; dieser hegt das Ganze im inneren Sinne, und lebt in der Ueberzeugung fort, das Einzelne könne daraus nach und nach entwickelt werden.“

Dogma seitdem fast allgemein geherrscht hat, und dass nur in der ersten naturphilosophischen Periode Lamarck und eine Anzahl anderer bedeutender Naturforscher die allgemeine Vorstellung von der Wesenheit und Beständigkeit der organischen „Art" zu verwerfen wagten, während in den beiden empirischen Perioden selbst die bedeutendsten Coryphaeen der Biologie sich dem harten Joche dieses wunderlichen Dogma beugten. Kein anderer Irrthum hat sich so allgemeine Geltung erworben, hat so sehr geschadet als dieser, und auf keinen ist in höherem Grade der bekannte Spruch von Goethe anwendbar: „Immerfort wiederholte Phrasen verknöchern sich zuletzt zur Ueberzeugung, und verstumpfen völlig die Organe des Anschauens."

Das Dogma von der Constanz der Species behauptet bekanntlich, dass alle organischen Formen sich in den Begriff der Species einpferchen lassen, d. h. in einen geschlossenen und selbstständigen Formenkreis, innerhalb dessen zwar der Species oder Art ein gewisser Grad der Variation zugestanden wird, dessen scharf bestimmte Grenzen aber die Art niemals überschreiten soll. Jede Species ist für sich, unabhängig von den anderen, erschaffen worden, keine ist durch Abänderung aus einer andern hervorgegangen. Als das morphologische Kriterium der Art wird dabei gewöhnlich die Constanz aller „wesentlichen" Merkmale (und die Variabilität der „unwesentlichen" Charaktere) angeführt; als das physiologische Kriterium dagegen die Fähigkeit aller Varietäten einer Species, unter sich fruchtbare Bastarde zu erzeugen (und die Unfähigkeit jeder Species, mit irgend einer anderen Art vermischt fruchtbare Bastarde zu erzeugen). Obgleich nun diese Kriterien der Species, gleich allen anderen die man aufzustellen versucht hat, sich leicht und sicher als vollkommen unhaltbare und willkührliche Voraussetzungen ausweisen lassen (wie im dritten Buche gezeigt werden soll), obgleich die Gesammtheit aller allgemeinen organischen Erscheinungs-Reihen auf das Entschiedenste dagegen spricht, obgleich nicht zwei Naturforscher in allen Fällen über die Begrenzung der Species einig sind, so hat dennoch dieses Dogma von der Species-Constanz die gesammte Biologie bis auf Darwin fast allgemein beherrscht. Erst Darwin's gewaltige Argumente vermochten eine Bresche in diese Zwingburg des Wunderglaubens zu schiessen, eine entscheidende Bresche, welche den unüberwindlichen Gedanken des combinirenden synthetischen Verstandes den Weg in dieses innerste Asyl vitalistischer Thorheiten öffnete.

Ohne uns hier weiter auf eine eingehende Widerlegung des Species-Dogma einlassen zu wollen, die späteren Capiteln vorbehalten bleibt, führen wir dasselbe hier nur an, um zu zeigen, welchen verderblichen Einfluss eine ausschliesslich analytische Methode in den Naturwissenschaften ausüben kann. Denn durch keinen Umstand ist das Species-Dogma so sehr gestützt, so allgemein in Geltung und Ansehen erhalten worden, als durch die allgemein vorherrschende analytische Beobachtung einzelner Individuen, und durch den Mangel an synthetischer und vergleichender Betrachtung der Individuen-Summe, welche die Species erst zusammensetzt. Indem man seit Linné fast allgemein und ausschliesslich bemüht war, möglichst viele neue Formen von Organismen als sogenannte Species einzeln aufzustellen,

und diese durch präcise Unterschiede von einander möglichst scharf zu unterscheiden, verlor man gänzlich den Blick für die grosse und allgemeine Uebereinstimmung, welche alle verwandten Species auf das Innigste verbindet. Man wandte bei Vergleichung derselben seine ganze Aufmerksamkeit auf die Unterscheidung und Hervorhebung der unbedeutenden äusserlichen Formunterschiede, welche dieser oder jener Theil des thierischen und pflanzlichen Körpers darbot, und man vergass dabei gänzlich die völlige oder doch grosse Uebereinstimmung, welche in allen übrigen wesentlichen Theilen, und insbesonders fast in allen einzelnen Verhältnissen des innern Baues, die verwandten Species zeigen. Ueber einem einzigen unterscheidenden Charakter zweier Formen übersah man völlig die hunderttausend Charaktere, welche beiden gemein sind, und um beide als Species unterscheiden zu können, hob man den ersteren ganz allein hervor, während man von den übrigen völlig schwieg.

Im weiteren Gange der sich entwickelnden Systematik trat nun bald allgemein diese kleinliche Analyse so sehr in den Vordergrund, dass die Unterscheidung der einzelnen Formen, welche ursprünglich nur Mittel zur systematischen Anordnung und Benennung gewesen war, nunmehr selbst Zweck wurde, und dass die Synthese, welche stets mit der Analyse Hand in Hand gehen sollte, nur ganz zuletzt in Anwendung kam, wenn aus den einzelnen isolirten Bausteinen der Species das System aufgebaut werden sollte, in welchem dieselben sich scharf und glatt von einander absetzen mussten. Da nun bei diesem Geschäfte den Systematikern nichts hinderlicher war, als die zahlreichen Mittelformen und Uebergangsstufen, welche die verwandten Arten verbinden, so wurden diese fast allgemein gänzlich vernachlässigt, und statt diesen wichtigsten Wegweisern der natürlichen Verwandtschaft eine besondere Aufmerksamkeit zu schenken, wandte man sich meistens von ihnen mit Widerwillen ab. Nur durch dieses verkehrte Verfahren, durch diese gänzliche Verkennung des natürlichen Zusammenhanges der Arten, und durch diese gegenseitige Zuschärfung der analytischen Untersuchungsmethode und der Species-Dogmatik, war es möglich, das Ansehen der letzteren so allgemein und so lange zu erhalten, und sich der Erkenntniss von der genealogischen Verwandtschaft der Species zu verschliessen, auf welche alle allgemeinen Erscheinungsreihen der organischen Natur mit zwingender Gewalt hindeuten.

Hieraus ergiebt sich nun von selbst, dass wir, um einen neuen Aufschwung der Morphologie herbeizuführen, vor Allem die vergessene und verlassene Synthese wieder in ihre alten Rechte einzusetzen haben. Viele Zweifel gegen die Descendenz-Theorie, viele eingerostete Vorurtheile gegen die Veränderlichkeit der Species werden von selbst fortfallen, sobald man die bereits bekannten Thatsachen-Reihen der Biologie, statt wie bisher sondernd vom analytischen, nun auch einmal verknüpfend vom synthetischen Standpunkte aus betrachtet. In der That genügt in vielen Fällen die einfache Zusammenstellung und Vergleichung einer Reihe von einzelnen Thatsachen, um zu einem ganz entgegengesetzten allgemeinen Schlusse zu gelangen, als dieselben vorher einzeln und für sich betrachtet, ziehen liessen. Nur durch Synthese ist es möglich, zu den wichtigsten allge-

meinen Naturgesetzen zu gelangen, zu denen die ausgedehnteste Analyse niemals hinführt.

Wenn man bedenkt, wie höchst einseitig von der gesammten Biologie, insbesondere in den letzten 30 Jahren, die empirische Analyse betrieben worden ist, wie man stets nur bedacht war, das Ganze in seine Theile zu zerlegen, die isolirten Theile zu untersuchen, und sich nicht weiter um den Zusammenhang derselben zu kümmern, so wird man über den Widerstand, den die Descendenz-Theorie bei den meisten Biologen noch heute findet, nicht erstaunt sein. Denn es ist ohne Weiteres klar, dass diese Theorie, wie alle ähnlichen grossen und umfassenden Theorieen, wesentlich auf der ausgedehntesten philosophischen Synthese beruht, und dass nur durch die denkende Verknüpfung der zahllosen, von der beobachtenden Analyse gewonnenen Einzelheiten die allgemeinen Gesetze gewonnen werden können, zu denen uns jene Theorie hinführt. Aus diesen Gründen erwarten wir zunächst von einer durchgreifenden und allgemeinen Synthese auf dem gesammten Gebiete der organischen Morphologie den grössten Fortschritt, und sind fest überzeugt, dass durch diese allein schon unsere ganze Wissenschaft ein verjüngtes Ansehen gewinnen wird. Vergessen wir dabei aber niemals, dass empirische Analyse und philosophische Synthese sich gegenseitig bedingen, ergänzen und durchdringen müssen; denn „nur Beide zusammen, wie Ein- und Aus-Athmen, machen das Leben der Wissenschaft.“

III. Induction und Deduction.

„Die allein richtige Methode in den Naturwissenschaften ist die inductive. Ihre wesentliche Eigenthümlichkeit, worin eben die Sicherheit der durch sie gewonnenen Resultate begründet ist, besteht darin, dass man mit Verwerfung jeder Hypothese ohne alle Ausnahme (z. B. der Hypothese einer besonderen Lebenskraft) von dem unmittelbar Gewissen der Wahrnehmung ausgeht, durch dieselbe sich zur Erfahrung erhebt, indem man die einzelne Wahrnehmung mit dem anderweit schon Festgestellten in Verbindung setzt, aus Vergleichung verwandter Erfahrungen durch Induction bestimmt, ob sie unter einem Gesetze, und unter welchem sie stehen und so fort, indem man mit den so gefundenen Gesetzen ebenso verfährt, rückwärts fortschreitet, bis man bei sich selbst genügenden, mathematischen Axiomen angekommen ist.“ Schleiden (Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik §. 3. Methodik). [1])

---

[1]) „Von den Thatsachen werden wir weiter geführt zur Theorie hauptsächlich durch Induction, Hypothese und Analogie. Alle drei sind blosse Wahrscheinlichkeitsschlüsse und können also für sich nie logische Gewissheit geben. Wenn man sie daher richtig gebrauchen will, so muss man sehr genau über das Verhältniss derselben zum Ganzen unserer Erkenntnissthätigkeit orientirt sein; denn so wie sie richtig gebraucht die einzigen Förderungsmittel

„Die Methode der Untersuchung, welche uns wegen der Unanwendbarkeit der directen Methoden der Beobachtung und des Experimentirens als die Hauptquelle unserer Kenntnisse, die wir in Beziehung auf die Bedingungen und Gesetze der Wiederkehr der verwickelteren Naturerscheinungen besitzen oder erlangen können, übrig bleibt, wird in dem allgemeinsten Ausdruck die deductive Methode genannt. — Dieser deductiven Methode verdankt der menschliche Geist seine rühmlichsten Triumphe in der Erforschung der Natur. Ihr verdanken wir alle Theorieen, durch welche ausgedehnte und verwickelte Naturerscheinungen in wenigen Gesetzen umfasst werden, und die, als Gesetze dieser grossen Erscheinungen betrachtet, durch directes Studium nie hätten entdeckt werden können.[1])

---

aller Erfahrungswissenschaft sind, so werden sie, fehlerhaft oder leichtfertig angewendet, auch die Quelle aller Verkehrtheiten und Phantasieen, die beständig in der Geschichte der Wissenschaft auftauchen, dieselbe verwirren und in ihrem Fortschritt hemmen.

Alle drei, Induction, Hypothese und Analogie, sind unvollständige divisive Schlüsse, die Induction unter kategorischer Form, indem ich von vielen Fällen (statt von allen) auf die Gültigkeit einer allgemeinen Regel, die Hypothese unter hypothetischer Form, indem ich von einigen Folgen (statt von allen) auf die Einheit des Grundes schliesse, endlich die Analogie, welche eigentlich nur der durch Induction gefundenen Regel unterordnet, wo es also allein auf die Gültigkeit der Induction ankommt. Dass wir einem solchen unvollständigen Schlusse, bei dem bloss logisch gar keine Schlusskraft vorhanden ist, vollen Glauben beimessen, liegt in der Natur der erkennenden Vernunft, welche überall Einheit und Zusammenklang in ihren Erkenntnissen fordert. Die Schlussformen gelten aber desshalb auch nur im Einklang mit der ganzen Erkenntnisskraft und den daraus abzuleitenden Principien." Schleiden (l. c.) § 4. Von der Induction insbesondere.

[1]) „Die deductive Methode ist bei dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft unwiderruflich bestimmt, den Gang der wissenschaftlichen Untersuchung von nun an zu beherrschen. Friedlich und allmählig geht in der Wissenschaft eine Revolution vor sich, das Gegentheil von der, an welche Bacon seinen Namen knüpfte. Dieser grosse Mann verwandelte die deductive Methode der Wissenschaften in eine experimentelle, die sich nun wieder in die deductive umkehrt. Aber die Deductionen, welche Bacon verbannte, waren aus voreilig erhaschten oder willkührlich angenommenen Prämissen abgeleitet. Die Principien waren weder durch die gesetzmässigen Regeln der experimentellen Forschung festgesetzt, noch waren die Resultate durch jenes unentbehrliche Element einer rationellen deductiven Methode, die Bestätigung durch die specifische Erfahrung geprüft.

„Unter den unseren Fähigkeiten zugänglichen Gegenständen sind diejenigen, welche noch in einem Zustande von Düsterheit und Ungewissheit verweilen (indem das Aufeinanderfolgen ihrer Erscheinungen noch nicht unter feste und erkennbare Gesetze gebracht worden ist), meistens von einer verwickelten Natur, solche in denen viele Agentien thätig sind, deren Wirkungen sich fortwährend aufheben oder vermischen. Die Entwirrung dieses Knäuels ist eine Aufgabe,

Die deductive Methode besteht aus drei Operationen: die erste ist eine directe Induction, die zweite eine Folgerung, die dritte eine Bestätigung. Ich nenne den ersten Schritt in dem Verfahren eine inductive Operation, weil eine directe Induction als die Basis des Ganzen vorhanden sein muss, obgleich in vielen besonderen Untersuchungen die Induction von einer früheren Deduction vertreten werden kann; die Prämissen dieser früheren Deduction müssen aber von einer Induction abgeleitet sein. — Die Gesetze einer jeden besonderen Ursache, die Antheil an der Erzeugung der Wirkung nimmt, zu ermitteln, ist daher das erste Erforderniss (das erste Stadium) der deductiven Methode; — der zweite Theil (das zweite Stadium) derselben ist die Bestimmung aus den Gesetzen der Ursachen, welche Wirkung eine gegebene Combination dieser Ursachen hervorbringen wird. Dies ist ein Process der Berechnung in dem weitesten Sinne des Wortes, und schliesst häufig eine Berechnung in dem engeren Sinne ein. — Den dritten wesentlichen Bestandtheil (das dritte Stadium) der deductiven Methode, und ohne welchen alle Resultate, die sie gewähren kann, keinen anderen Werth haben, als den einer Vermuthung, bildet die Bestätigung (Verification) oder Probe der Folgerung. Um das Vertrauen auf die durch Deduction erhaltenen allgemeinen Schlüsse zu rechtfertigen, müssen diese Schlüsse bei einer sorgfältigen Vergleichung mit den Resultaten der directen Beobachtung, wo man sie immer haben kann, übereinstimmend befunden werden." John Stuart Mill (die inductive Logik. Braunschweig, 1849; p. 180, 181, 187, 190).

An die Spitze dieses Abschnittes, welcher die höchst wichtige und nothwendige Wechselwirkung der inductiven und der deductiven Methode erläutern soll, stellen wir die Aussprüche zweier ausgezeichneter Männer, von denen der eine als „Naturforscher", der andere als „Philosoph" die grössten Verdienste hat. Auf den ersten Blick scheinen sich vielleicht beide geradezu zu widersprechen. Schleiden preist die inductive, Mill die deductive Methode, welche diametral von der ersteren verschieden zu sein scheint, als die „allein richtige" und ausschliesslich zu befolgende Methode der Naturwissenschaft. Indessen ergiebt eine genauere Betrachtung ihrer Erklärungen alsbald, dass dieser Gegensatz nur ein theilweiser, nur insofern vorhanden ist,

welche von Schwierigkeiten begleitet ist, die, wie bereits gezeigt wurde, nur durch die Deduction allein gelöst werden können. Deduction heisst das grosse wissenschaftliche Werk unserer und der zukünftigen Zeiten. Der Theil, welcher fortan der specifischen Erfahrung bei der Vervollkommnung der Wissenschaft bewahrt ist, besteht hauptsächlich darin, dass sie dem deductiven Forscher Winke giebt, die er zu verfolgen hat, und in der Bestätigung oder Einschränkung seiner Schlüsse." John Stuart Mill (l. c.) p. 223, 224.

als Schleiden für die philosophische Naturwissenschaft eine engere, Mill eine weitere Grenze der Schlussfolgerung aus der Beobachtung zieht. Allerdings will der erstere zunächst nur die Induction gelten lassen und schliesst die Deduction ganz aus, während der letztere die Induction ausdrücklich nur als eine Voraussetzung, als das nothwendige „erste Stadium" der Deduction gelten lässt. Nach Schleiden würde die Erfahrung nur vom Einzelnen aus in das Ganze, vom Besonderen aus in das Allgemeine gehen und nur von der Wirkung aus auf die Ursache, von der Thatsache aus auf das Gesetz schliessen dürfen. Nach Mill dagegen darf die Naturwissenschaft nicht auf dieser Stufe stehen bleiben, sondern sie darf und muss auch den umgekehrten Weg der Schlussfolgerung gehen; sie darf und muss von dem Ganzen auf das Einzelne, von dem Allgemeinen auf das Besondere schliessen; sie darf und muss aus der Ursache die Wirkung, aus dem Gesetze die Thatsache folgern können.

Die hier offen zu Tage tretende thatsächliche Differenz über die wichtigste Methode der Naturforschung zwischen zwei scharfsinnigen Männern, die beide mit tiefem philosophischen Blick die Geistesoperationen der naturwissenschaftlichen Schlussfolgerungen untersucht haben, ist desshalb für uns von hohem Interesse, weil sie uns auf zwei verschiedene Denkweisen unter den biologischen Naturforschern hinweist, die gerade jetzt im Begriffe sind, sich mit mehr oder weniger klarem Bewusstsein von einander zu trennen und einseitig sich gegenüber zu treten. Es kann nämlich keinem Zweifel unterliegen, dass die von Schleiden als die allein richtige Methode gepriesene Induction, welche damals allerdings, den phantastischen Träumereien und den unreifen Deductionen der früheren Naturphilosophen gegenüber, vollkommen am Platze war, durch ihre ausschliessliche Geltung sehr viel zu der einseitigen „exact-empirischen" Richtung beigetragen hat, die in den letzten Decennien mehr und mehr die herrschende geworden ist. Indem man hier immer allgemeiner nur die Induction allein als die „eigentliche" Methode der Naturforschung gelten liess und die Deduction völlig ausschloss, beraubte man sich selbst des fruchtbarsten Denkprocesses, der gerade in den biologischen Disciplinen zu den grössten Entdeckungen führt. Zum Wenigsten wollte man Nichts von demselben wissen, wenn gleich man unbewusst sich desselben häufig und mit dem grössten Erfolge bediente. Denn es ist nicht schwer nachzuweisen, dass die wichtigsten Entdeckungen, welche in dem letztverflossenen Zeitraum gemacht wurden, und insbesondere die allgemeineren biologischen Gesetze, zu denen man gelangte, zwar durch vorhergehende und höchst wesentliche, aber nicht durch ausschliessliche Hülfe der Induction gemacht wurden, dass vielmehr fast immer die der Induction

nachfolgende, meist unbewusste Deduction die allgemeine und sichere Geltung der Erfahrung erst begründete.

Wenn die Induction ausschliesslich in dem strengsten Sinne, wie Schleiden will, die Methode der naturwissenschaftlichen Untersuchung und Schlussfolgerung sein und bleiben sollte, so würde der Fortschritt unserer Erkenntnisse und ganz besonders der Fortschritt in der Feststellung allgemeiner Gesetze nur ein äusserst langsamer und allmähliger sein; ja, wir würden sogar zur Aufstellung der allgemeinsten und wichtigsten Naturgesetze niemals gelangen, und den allgemeinen Zusammenhang der grössten und umfassendsten Erscheinungsreihen niemals erkennen. Zu diesen können wir immer nur durch deductive Verstandes-Operationen gelangen, und zwar nur durch reichliche und häufige, allerdings aber auch nur durch richtige und sehr vorsichtige Anwendung der Deduction.

Induction und Deduction stehen nach unserer Ansicht in der innigsten und nothwendigsten Wechselwirkung, in ähnlicher Weise, wie es Goethe von der Analyse und Synthese ausspricht: „Nur Beide zusammen, wie Aus- und Ein-Athmen, machen das Leben der Wissenschaft." Mill ist sicher im vollkommensten Rechte, wenn er der Deduction die grösste Zukunft prophezeit, und die Induction vorzüglich nur als die erste Stufe, als das erste Stadium der Deduction gelten lässt. Diese Vorbedingung ist für eine richtige Deduction aber auch unerlässlich. Entweder muss eine directe Induction die Basis der ganzen deductiven Operation bilden, oder es muss statt jener directen Induction eine andere Deduction zu Grunde liegen, die selbst wieder direct oder indirect durch eine Induction sicher begründet ist. Es muss also in allen Fällen, — und dies hervorzuheben ist sehr wichtig — eine Induction die Basis, den ersten Schritt des ganzen Schlussverfahrens bilden, und erst auf dieser Basis kann sich dann die Deduction sicher aufbauen.

Es wird also dadurch, dass man die deductive Methode als die wichtigste, fruchtbarste und bedeutendste der naturwissenschaftlichen Forschung hinstellt, die Bedeutung der inductiven Methode keineswegs geschmälert, sondern vielmehr nur insofern modificirt, als sie die nothwendige Basis, die unentbehrliche Einleitung der ersteren sein muss. Wir können mithin allgemein aussprechen, dass die Induction die erste, unentbehrlichste und allgemeinste Methode der Naturforschung sein muss, dass aber die letztere, wenn sie zu allgemeinen Gesetzen gelangen, diese mit Sicherheit beweisen und den fundamentalen und allgemeinen Zusammenhang der Erscheinungen erkennen will, nicht bei der Induction stehen bleiben darf, sondern sich zur Deduction wenden muss. Die Induction gelangt durch vergleichende Zusammenstellung vieler einzelner verwandter specieller Erfahrungen zur Aufstellung

eines allgemeinen Gesetzes. Die Deduction folgert aus diesem generellen Gesetze eine einzelne specielle Thatsache. Wird diese letztere nun nachher durch die Erfahrung als wirklich erwiesen, so war die deductive Folgerung richtig, und durch die Probe oder Verification, welche diese nachträgliche Erfahrung liefert, ist das Gesetz bestätigt, ist die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes mit weit grösserer Sicherheit festgestellt, als es durch die Induction jemals hätte geschehen können.

Eine klare und vollständige Erkenntniss von dem Wesen dieser beiden wichtigsten Verstandes-Operationen, eine vollkommene Ueberzeugung von der Nothwendigkeit ihrer präcisen Anwendung, und eine richtige Auffassung des innigen gegenseitigen Wechselverhältnisses, in welchem Induction und Deduction zu einander stehen, halten wir für äusserst wichtig, und für einen jeden Naturforscher, der die Mittel zur Lösung seiner Aufgabe klar erkennen und sein Ziel mit Bewusstsein verfolgen will, ganz unerlässlich. Wenn die meisten Naturforscher gegenwärtig von diesen Methoden, sowie überhaupt von einer streng philosophischen Behandlung ihrer Aufgabe, Nichts wissen und leider auch meist Nichts wissen wollen, so ist es ihr eigener schlimmer Nachtheil. Denn thatsächlich können sie diese beiden wichtigsten Geistesoperationen des Naturforschers nirgends entbehren, und thatsächlich bedienen sie sich derselben fortwährend, wenn auch ganz unbewusst, und daher meist unvollständig. Inductive und deductive Methode sind keineswegs, wie Viele meinen, besondere Erfindungen der Philosophen, sondern es sind natürliche Operationen des menschlichen Geistes, welche wir überall und allgemein, wenn auch meist unklar, unvollständig und unbewusst anwenden. Wenn aber die wissenschaftliche Anwendung der Induction und Deduction mit Bewusstsein erfolgt, wenn sich der Naturforscher der Bedeutung und des Nutzens, der Tragweite und der Gefahren dieser Methoden bewusst ist, so kann er sich derselben mit weit grösserem Erfolge und mit weit vollkommnerer Sicherheit bedienen, als wenn er sie unklar, unbewusst und daher unvollständig und unvorsichtig anwendet. Jeder Wanderer, der auf verwickelten Wegen, durch Wald und Feld, über Berg und Thal, sein Wanderziel verfolgt, erreicht dasselbe rascher und sicherer, mit weniger Gefahr des Irrthums und mit geringerem Zeitaufwand, wenn er die Wege kennt, als wenn sie ihm unbekannt sind. Methoden, und zwar ganz vorzüglich die philosophischen Methoden der Naturwissenschaft, sind aber nichts Anderes, als Wege der Forschung, und wer diese Wege genau kennt und mit sicherem Bewusstsein verfolgt, wird sein wissenschaftliches Ziel ohne Zweifel immer besser und schneller erreichen, als derjenige, dem diese Kenntniss der richtigen Wege fehlt.

Obwohl Induction und Deduction zweifelsohne die wichtigsten psychischen Functionen des erkennenden Menschen, und vor Allem des am tiefsten und gründlichsten erkennenden Menschen, d. h. des Naturforschers sind, so mangelt es dennoch gänzlich an einer gründlichen psychologischen Erläuterung derselben. Freilich geht es hier diesen beiden Methoden nicht viel schlechter, als vielen anderen wichtigen Denkprocessen. Auf eine wahrhaft natürliche, d. h. genetische Erklärung derselben werden wir erst dann hoffen können, wenn ein naturwissenschaftlich und namentlich biologisch gebildeter Philosoph, d. h. ein an klares strenges Denken gewöhnter Naturforscher (eine seltene Erscheinung!) endlich einmal eine vergleichende Psychologie schaffen wird, d. h. eine Seelenlehre, welche die gesammten psychischen Functionen durch die ganze Thierreihe und namentlich durch die Stufenleiter des Wirbelthier-Stammes hindurch verfolgt und die allmählige Differenzirung derselben bis zu ihrer höchsten Blüthe im Menschen nachweist. Da diejenigen Functionen des Centralnervensystems, welche man unter dem Namen des „Seelenlebens" zusammenfasst, durchaus nach denselben Gesetzen entstehen und sich entwickeln, durchaus in gleicher Weise an die sich differenzirenden Organe gebunden sind, wie die übrigen somatischen Functionen, so können wir zu einer richtigen Erkenntniss derselben (die einen Theil der Physiologie bildet) auch nur auf dem gleichen Wege wie bei den letzteren gelangen, d. h. auf dem vergleichenden und dem genetischen Wege. Nur allein die Vergleichung der verschiedenen Entwickelungsstufen des Seelenlebens bei unseren Verwandten, den übrigen Wirbelthieren, das Studium der allmähligen Entwickelung desselben von frühester Jugend an bei allen Vertebraten, und die Herstellung der vollständigen Stufenleiter von allmähligen Uebergangsformen, welche das Seelenleben von den niederen zu den höheren Wirbelthieren, und insbesondere von den niedersten Säugethieren an bis zu den höchsten, von den Beutelthieren durch die Reihe der Halbaffen und Affen hindurch bis zum Menschen darstellt — nur allein diese auf dem vergleichenden und genetischen Wege erlangten psychologischen Erkenntnisse werden uns das volle Verständniss unseres eigenen Seelenlebens eröffnen und uns die bewunderns-würdig weit gehende Differenzirung der psychischen Functionen erkennen lassen, welche uns vor allen andern Wirbelthieren auszeichnet.[1])

[1]) Wenn wir hier die Differenzirung und Entwickelung der menschlichen Psyche im Ganzen genommen über diejenige aller anderen Wirbelthiere stellen, so wird vielleicht die vergleichende und genetische Psychologie diese Ansicht künftig insofern einschränken, als sie darthun, wird dass einzelne Seelenerscheinungen, welche den drei Functionsgruppen des Erkennens (Denkens), Wollens und Empfindens untergeordnet sind, bei einzelnen Wirbelthieren höher als beim Menschen entwickelt sind. Gegenwärtig lässt sich über diesen äusserst wichtigen und interessanten Gegenstand fast noch Nichts aussagen, da erst sehr wenige ernste Versuche zu einer wissenschaftlichen, d. h. vergleichenden und genetischen Psychologie der Wirbelthiere gemacht sind. Der gänzlich nichtssagende Ausdruck „Instinkt," mit welchem man das gesammte Seelenleben der Thiere, gegenüber dem des Menschen zu bezeich-

Dass die inductive und deductive Geistesoperation bei den uns nächstverwandten Wirbelthieren überall nach denselben Gesetzen und in derselben Weise, wie bei uns selbst, zu Stande kommt und angewendet wird, und dass hier nur quantitative, keine qualitativen Differenzen sich finden, lehrt jede nur einigermaassen unbefangene und sorgfältige Beobachtung, z. B. schon bei den uns am meisten umgebenden Hausthieren. Auch hier gehören inductive und deductive Erkenntnisse zu den allgemeinsten und wichtigsten psychischen Processen. Wenn z. B. Jagdhunde, wie bekannt, in die tödtlichste Angst gerathen, sobald der Jäger das Schiessgewehr auf sie anlegt, so ist diese Erregung die Folge eines vollständigen inductiven und deductiven Denkprocesses. Durch zahlreiche einzelne Erfahrungen haben sie die tödtliche Wirkung des Schiessgewehrs kennen gelernt. Sie schliessen daraus, dass diese Wirkung stets eintritt, sobald das Gewehr auf ein lebendes Wesen gerichtet wird. Aus diesem als allgemein erkannten Gesetze folgern sie, dass in diesem speciellen Falle dieselbe Wirkung eintreten werde, und wenn der Jäger nun wirklich auf sie schösse, so hätten sie den vollständigen Beweis von der Richtigkeit ihres deductiven Schlusses erhalten. Auf dieselben psychischen Operationen gründet sich auch die gesammte Erziehung der Hausthiere, wie der Menschenkinder, mittelst der gebräuchlichsten und allgemeinsten Erziehungsmittel, der Schläge. Ein Pferd z. B. macht in zahlreichen einzelnen Fällen die Erfahrung, dass mit einem bestimmten Zurufe des Kutschers Schläge verbunden sind, die aufhören, so bald es sich in Trab setzt. Es folgert daraus durch Induction das Gesetz (die Erziehungs-Maxime), dass diese Schläge constant und allgemein mit dem Zurufe verbunden sind, und setzt sich, um jene zu vermeiden, späterhin sofort von selbst in Trab, sobald der Zuruf ertönt. Das Pferd schliesst hier in jedem einzelnen Falle durch Deduction zurück, dass auf den Zuruf die Schläge erfolgen werden, und wenn sie wirklich erfolgen, so war die Verification seiner Deduction geliefert.

Diese einfachen Verhältnisse der Induction und Deduction, welche gewissermassen eine in sich selbst zurücklaufende Kette von Ideen-Associationen herstellen (indem von vielen Einzelnen auf das Allgemeine geschlossen und von diesem auf ein anderes Einzelnes zurück geschlossen wird), sind ganz dieselben, welche zur Erkenntniss der complicirtesten Verhältnisse und zur Entdeckung der wichtigsten Gesetze in der Naturwissenschaft geführt haben. Vor Allen in den am meisten „exacten" Wissen-

---

nen pflegt, ist nur ein trauriger Deckmantel für unsere bodenlose Unkenntniss. Wenn man freilich bedenkt, wie gänzlich verkehrt noch unser gesammter Jugendunterricht ist, wie wir von den Thieren, mit denen wir leben, und die unsere nächsten Verwandten sind, fast Nichts lernen, wie unsere sogenannten „gebildeten" Gesellschaftsklassen sich in der gröbsten Unkenntniss der Natur, die sie umgiebt, in der vollkommensten Unklarheit über ihre Beziehungen zu derselben befinden, so kann man sich nicht wundern, wenn gerade über diesen wichtigsten Punkt, über die qualitative Uebereinstimmung (und die nur quantitative Differenz) der menschlichen und thierischen Psyche die verkehrtesten Vorstellungen herrschen.

schaften, in der Astronomie und Mechanik, in der Chemie und Physik, in der Geologie und Mineralogie wird von der inductiven und der ergänzenden deductiven Methode allgemein der weiteste und fruchtbarste Gebrauch gemacht. Nur in den biologischen Wissenschaften, und ganz besonders in der Morphologie der Organismen, besteht noch allgemein eine solche Scheu vor Anwendung dieser wichtigsten Erkenntniss-Methoden, dass man sich lieber der rohesten und gedankenlosesten Empirie in die Arme wirft, als dass man zu ihnen seine Zuflucht nähme. Fragen wir nach den Gründen dieser seltsamen Erscheinung, so finden wir sie auch hier wieder theils in der allgemeinen Abneigung der Biologen, und namentlich der Morphologen, gegen alle strengen philosophischen Methoden, theils in der Unkenntniss derselben, theils in der Furcht vor den Schwierigkeiten ihrer Anwendung und vor den Gefahren, welche dieselben mit sich bringen.

Nun ist es allerdings richtig, dass diese Gefahren, welche in der natürlichen Unvollständigkeit, in der nur annähernden Sicherheit der inductiven und deductiven Methode selbst begründet sind, gerade auf dem Gebiete der organischen Morphologie grösser sind, als irgendwo. Denn nirgends so wie hier ist einer subjectiven und willkührlichen Erkenntniss Thür und Thor geöffnet; nirgends gelten so wenig feste unverbrüchliche Gesetze und Regeln als auf diesem Gebiete; und nirgends so wie hier, gehen factisch die Ansichten der verschiedenen Naturforscher über eine und dieselbe Sache auf das Weiteste aus einander. Allein wenn auch der Weg hier besonders schlüpfrig und gefährlich, wenn der Irrthum und Fehltritt hier besonders leicht und nahe ist, so müssen wir dennoch diesen Weg betreten, als den einzig möglichen, auf dem wir überhaupt vorwärts kommen können.

Auf allen Gebieten der organischen Morphologie, in der Tectologie wie in der Promorphologie, in der Ontogenie wie in der Phylogenie, überall werden wir der Induction und der darauffolgenden Deduction, deren Verification selbst erst die Induction sicher stellt, den weitesten Spielraum gönnen, die allgemeinste Anwendung geben müssen, wenn wir überhaupt zu unserm Ziele, zur Erkenntniss allgemeiner Bildungsgesetze gelangen wollen. Kaum werden wir aber so oft und so allgemein irgendwo inductive und deductive Methode verbunden zur Anwendung bringen müssen, als in der Phylogenie, in der paläontologischen Entwickelungsgeschichte und der genealogischen Verwandtschaftslehre der Organismen. Hier beruht geradezu jeder Fortschritt zu der Erkenntniss der allgemeinen Gesetze auf der weitesten und vollständigsten Anwendung der Deduction. Mit der Induction allein würden wir hier keinen Schritt vorwärts kommen. Die Induction fusst ausschliesslich auf der unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmung. Da wir nun von keinem einzigen fossilen, ausgestorbenen Organismus den ganzen Körper, sondern stets nur einzelne Theile desselben, meist sogar nur unbedeutende Fragmente kennen, so müssen wir nothwendig zur Ergänzung derselben unsere Zuflucht zur Deduction nehmen. Wir haben aus der vergleichenden Anatomie der lebenden Verwandten des fossilen Organismus, von dem wir nur ein kleines, aber charakteristisches Fragment besitzen, die allgemeinen Organisationsgesetze inductiv erschlossen, welche dieser ganzen Gruppe eigenthümlich sind, und wir folgern daraus, dass auch

diese ausgestorbene Art dieselben Verhältnisse gezeigt haben werde. Finden wir nun nachträglich noch vollständigere Reste derselben, welche diese Folgerung bestätigen, so ist unsere Deduction verificirt. Cuvier hatte durch die genauesten vergleichend anatomischen Untersuchungen sich (auf inductivem Wege) eine vollständige Kenntniss vom Bau der Beutelthiere gebildet. Als ihm eines Tages ein fossiler Unterkiefer gebracht wurde, schloss er aus einer gewissen Formeigenthümlichkeit desselben sofort (auf deductivem Wege), dass derselbe einem Beutelthier angehöre, und die nachfolgende Ausgrabung des ganzen Skelets verificirte diese Deduction vollständig, machte die Probe, die zu seiner Rechnung stimmte.

In äusserst zahlreichen Fällen bilden wir uns auf vergleichend anatomischem und embryologischem Wege, durch Induction, bestimmte allgemeine Vorstellungen von den natürlichen Verwandtschaftsverhältnissen ganzer Organismen-Gruppen. Diese drücken wir am kürzesten und anschaulichsten dadurch aus, dass wir dieselben in Form eines Stammbaums, einer genealogischen Tabelle zusammenstellen. Niemals aber ist dieser Stammbaum vollständig, indem immer zahlreiche (lebende oder fossile) Uebergangsglieder zwischen den verwandten Formen fehlen. Durch Deduction schliessen wir auf die (jetzige oder frühere) Existenz dieser verbindenden Uebergangsglieder, und wenn dieselben (wie das schon oftmals geschehen ist) nachträglich wirklich entdeckt werden, so ist unsere Deduction durch die nachfolgende Verification auf das Glänzendste gerechtfertigt.

Viertes Capitel: Zweite Hälfte.

Kritik der naturwissenschaftlichen Methoden, welche sich gegenseitig nothwendig ausschliessen müssen.

IV. Dogmatik und Kritik.

„In aller Bearbeitung der Wissenschaften treten sich stets zwei Methoden als unmittelbare Gegensätze gegenüber. Einerseits ist es die dogmatische Behandlung, die schon Alles weiss, der mit ihrem augenblicklichen Standpunkt die Geschichte ein Ende erreicht hat, die ihre Weisheit wohl vertheilt und wohl geordnet vorträgt, und von ihren Schülern keinen andern Bestimmungsgrund zur Annahme des Gehörten fordert, als das *αὐτὸς ἔφα*. Dieser in ihrem ganzen Wesen falschen Weise tritt nun die andere entgegen, die wir für die reine Philosophie die kritische, für die angewandte Philosophie und für die Naturwissenschaften die inductorische Methode nennen; die sich bescheidet noch wenig zu wissen; die ihren Standpunkt von vornherein [illegible] als eine Stufe in der Geschichte der Menschheit ansieht, über [illegible]che hinaus es noch viele folgende und höhere giebt, die aber frei-

lich nur als ihr folgende angesehen werden können; und die ihre Schüler auffordert, sie zu begleiten und unter ihrer Anleitung im eigenen Geist und in der Natur zu suchen und zu finden."[1]) Schleiden (Grundzüge der wissensch. Botanik, III. Aufl. p. 4).

Obgleich es wohl nach dem vorstehenden Ausspruche Schleidens, der den Gegensatz zwischen kritischer und dogmatischer Methode scharf characterisirt, scheinen könnte, als ob die kritische Methode mit der im vorigen Abschnitte erläuterten inductiven Methode identisch sei, so glauben wir doch, dass man richtiger die letztere nur als einen Inhaltstheil der ersteren, als eine ihr subordinirte Methode auffasst. Der Umfang des Begriffs der „Kritik" ist weiter, als derjenige der „Induction", und nach unserer Ueberzeugung muss auch die Deduction, welche doch von der Induction wesentlich verschieden und ihr gewissermaassen entgegengesetzt ist (indem sie umgekehrt verfährt), stets nicht minder „kritisch" zu Werke gehen, als die Induction selbst. Wir halten es daher nicht für überflüssig, die Bedeutung der kritischen Forschungsmethode hier noch besonders zu erörtern; um so mehr, als einerseits wir im vorigen Abschnitt die Induction nur im Gegensatz zur Deduction (und nicht zur Dogmatik) besprochen haben, andererseits aber die nur allzuhäufige Vernachlässigung der kritischen Methode den biologischen Naturwissenschaften, und ganz besonders den verschiedenen Zweigen der organischen Morphologie offenbar geschadet hat.

Denn wenn man die vielen grundverschiedenen Ansichten überblickt und vergleicht, welche von den verschiedenen Morphologen zur Erklärung sowohl zahlloser Einzel-Erscheinungen als auch grösserer Erscheinungsreihen auf dem botanischen und zoologischen Gebiete aufgestellt worden sind, so erkennt man bald, dass nicht bloss die Schwierigkeit des höchst verwickelten Gegenstandes selbst, sondern mehr noch Mangel an allgemeinem Ueberblick, und vor Allem Mangel an Kritik diese grellen und seltsamen Widersprüche bedingt. Statt umsichtiger

[1]) „Freilich ist die dogmatische Methode in ihrer strengsten Consequenz eine an sich unmögliche, und jeder Einzelne, der ihr anhängt, muss immer mehr oder weniger eine Zeit lang der kritischen Methode gefolgt sein, um nur zur dogmatischen Behandlungsweise kommen zu können; und seine wissenschaftliche Thätigkeit wird daher sehr verschiedene Abstufungen darbieten, je nachdem er mehr oder weniger die allein richtige kritische Methode in Anwendung gebracht und in seiner Darstellung durchscheinen lässt. Verfolgen wir nun von diesem Gesichtspunkte aus die Geschichte der Menschheit, so sehen wir, wie aller Fortschritt in den einzelnen Disciplinen immer nur an die Herrschaft der inductiven und kritischen Methoden geknüpft ist, und wie sich die einzelnen Methoden erst nur allmählig eine nach der anderen das Bewusstsein der allein richtigen Methode erobern." Schleiden (l. c.) p. 5.

und auf breite inductive Basis wohl begründeter Theorieen, treffen wir vielmehr fast allenthalben höchst vage Hypothesen von durchaus dogmatischem Character an; ja bei aufrichtiger Prüfung des gegenwärtigen Zustandes unserer Wissenschaft müssen wir zu unserm Leidwesen gestehen, dass überall in derselben die dogmatische Richtung noch weit über die kritische überwiegt.

Leider ist dieser höchst schädliche Mangel an Kritik so allgemein und hat insbesondere in den letzten Decennien, gleichzeitig und in gleichem Schritt mit dem extensiven Wachsthum und der damit verbundenen Verflachung der organischen Morphologie, so sehr zugenommen, dass wir kein einzelnes Beispiel anzuführen und den unparteiischen Leser bloss zu ersuchen brauchen, einen Blick in eine beliebige Zeitschrift für „wissenschaftliche" Zoologie oder Botanik zu werfen, um sich von dem dogmatischen und kritiklosen Character der meisten Arbeiten zu überzeugen. Nirgends aber tritt dieser Character so nackt und abschreckend zu Tage, als in der Mehrzahl derjenigen Schriften, welche die Species-Frage behandeln, und insbesondere in denjenigen, welche die Descendenz-Theorie zu bekämpfen suchen. Dass gerade in dieser hochwichtigen allgemeinen Frage die gänzlich dogmatische und kritiklose Richtung der organischen Morphologie in ihrer ganzen Blösse und Schwäche auftritt, kann freilich Niemanden überraschen, der durch eigene systematische Studien sich einen Begriff von dem ausserordentlichen Gewicht dieser allgemeinen Frage gebildet und dabei die Ueberzeugung gewonnen hat, dass hier ein einziges colossales Dogma die gesammte Wissenschaft nach Art des drückendsten Absolutismus beherrscht. Denn nur als ein colossales Dogma, welches ebenso durch hohes Alter geheiligt, und durch blinden Autoritätenglauben mächtig, wie in seinen Praemissen haltlos und in seinen Consequenzen sinnlos ist, müssen wir hier offen die gegenwärtig immer noch herrschende Ansicht bezeichnen, dass die Species oder Art constant und eine für sich selbstständig erschaffene Form der Organisation ist.

„Immerfort wiederholte Phrasen verknöchern sich zuletzt zur Ueberzeugung und verstumpfen völlig die Organe des Anschauens." Dieses goldene Wort Goethe's findet nirgends in höherem Grade Geltung, als in dieser Frage. In der That, wenn man mit kritischer Vorurtheilslosigkeit unbefangen alle Voraussetzungen erwägt, auf welche die Anhänger des Species-Dogma sich stützen, und die Folgerungen zieht, welche nothwendig aus demselben gezogen werden müssen, so begrei man nur durch Annahme „einer völligen Verstumpfung der Orga des Anschauens," wie dieses in sich hohle und widerspruchsvolle Dog 130 Jahre hindurch fast unangefochten bestehen, und wie dasselbe ni

allein die Masse der gedankenlosen Naturbeobachter, sondern auch die besten und denkendsten Köpfe der Wissenschaft beherrschen konnte. Seltsames Schauspiel! Einem Götzen gleich steht allmächtig und allbeherrschend dieses paradoxe Dogma da, welches Nichts erklärt und Nichts nützt, und welches zu der Gesammtheit aller allgemeinen biologischen Erscheinungsreihen sich im entschiedensten Widerspruche befindet. Während alle einzelnen grösseren und kleineren Thatsachen-Reihen, welche auf dem Gebiete der Biologie, und namentlich der Morphologie, seit mehr als hundert Jahren sich so massenhaft angehäuft haben, übereinstimmend und gleichsam spontan zu dem grossen Resultate hinleiten, dass die unendliche Mannichfaltigkeit der Thier- und Pflanzen-Formen die reich differenzirte Nachkommenschaft einiger weniger einfacher gemeinsamer Stammformen sei, während alle anatomischen und embryologischen, alle paläontologischen und geologischen Data ebenso einfach als nothwendig auf dieses gewaltige Resultat hinarbeiten, bleibt die entgegengesetzte, rein dogmatische und durch keine Thatsachen gestützte Ansicht über ein Jahrhundert lang allgemein herrschend! Credunt, quia absurdum est!

In Wahrheit ist diese Betrachtung für die Geschichte der Wissenschaft von hohem Interesse, und keine andere kann uns in so hohem Grade vor den Gefahren und Nachtheilen einer dogmatischen und lediglich durch die Autorität gestützten Anschauungsweise warnen, und so nachdrücklich auf die Nothwendigkeit einer strengen kritischen Untersuchungsmethode hinweisen. Wären die Morphologen nur mit etwas mehr Kritik verfahren und hätten sie die Autorität des Species-Dogma nur etwas weniger gefürchtet, so hätte dasselbe schon längst in sich zusammenstürzen müssen. Und wieviel weiter wären wir dadurch gekommen! So aber bewährt sich auch hier wieder der alte Spruch von Goethe: „Die Autorität verewigt im Einzelnen, was einzeln vorüber gehen sollte, lehnt ab und lässt vorüber gehen, was festgehalten werden sollte, und ist hauptsächlich Ursache, dass die Menschheit nicht vom Flecke kommt.“

Wenn wir näher nach den Ursachen fragen, welche dem Dogmatismus auf dem biologischen Gebiete eine so ausgedehnte Herrschaft und eine so feste Geltung verschafft haben, so finden wir sie auch hier wieder vorzugsweise in dem Mangel an allgemeiner philosophischer Vorbildung bei den meisten biologischen Naturforschern, und in der merkwürdigen Unklarheit, in welcher sich dieselben nicht allein über die eigentlichen Ziele ihrer Wissenschaft, sondern auch über die allein richtigen Wege, auf denen sie diese Ziele erreichen können, befinden. Der hochmüthige und thörichte Dünkel, mit welchem die meisten Biologen auf jede „Philosophie“ herabsehen, bestraft sich selbst zunächst durch den grossen Schaden, den ihnen diese Verschmähung ihres besten und wichtigsten Untersuchungs-Instruments unmittelbar bringt. Lieber wollen sie ihren schwierigen und an ver-

führenden Irr-Pfaden so reichen Weg allein und im Dunkeln gehen, als geführt und erleuchtet von dem sicheren Lichte einer wahrhaft philosophischen Untersuchungsmethode. Lieber werfen sie sich, an einem hohen Berge von unerklärten Thatsachen angelangt, zur Umgehung desselben dem ersten besten Dogma in die Arme, als dass sie sich von einer streng kritischen und philosophischen Methode zur Entdeckung der in demselben verborgenen werthvollen Schätze, der Gesetze leiten liessen. Freilich spielt auch hier wieder nicht allein der Mangel an philosophischer Einsicht, sondern auch die schon früher gerügte Denkträgheit eine sehr schädliche Rolle. Die Anstrengung des erkennenden Geistes, welche eine streng denkende und kritische Naturbetrachtung nothwendig verlangt, ist der Mehrzahl der Biologen, und namentlich der Morphologen, viel zu unbequem; weit bequemer ist es, Thatsachen unmittelbar „exact" zu beobachten und zu beschreiben, und statt nach einer inductiven Erklärung zu suchen, sich dogmatisch dem ersten besten Einfalle zu überliefern. Dazu kommt, dass die Meisten keine Ahnung davon haben, wie ausserordentlich schädlich diese dogmatische Richtung der organischen Morphologie wirkt. Und doch geht dies so deutlich aus dem traurigen Zustande hervor, in dem sich der allgemeine Theil unserer Wissenschaft, trotz der zahllosen einzelnen und besonderen Arbeiten, immer noch befindet. Dem weitverbreiteten Mangel an Kritik müssen wir es wesentlich mit zuschreiben, dass es hier an allgemeinen Bildungsgesetzen fast noch gänzlich fehlt, und dass wir nur so selten dazu gelangen können, aus einer grösseren Reihe von höchst speciellen Arbeiten über einen und denselben Gegenstand uns eine sichere allgemeine Vorstellung über denselben zu bilden.

Eine mit dieser Denkträgheit eng verbundene weitere Ursache jener herrschenden dogmatischen Richtung und zugleich eine Ursache, welche derselben zur theilweisen Entschuldigung dienen kann, liegt in dem starken conservativen Hange und in dem Autoritätenglauben, welche der menschlichen Natur so fest anhaften, und welche zwei ihrer nachtheiligsten und dunkelsten Schattenseiten bilden. Wohl auf keinem Gebiete der Naturforschung sind dieselben stets so einflussreich gewesen und bis auf den heutigen Tag so mächtig geblieben, als auf dem der Biologie, und vor Allem der Morphologie der Organismen. Hier mehr als irgendwo gilt ein Dogma schon desshalb für heilig und unantastbar, weil es sich eine gewisse Reihe von Jahren hindurch einer allgemeinen Geltung erfreut hat, und eine dogmatische Hypothese schon desshalb für unangreifbar, weil eine bedeutende Autorität, ein Coryphaee der Wissenschaft sie aufgestellt hat. In dieser Beziehung sind die abiologischen Wissenschaften den biologischen weit voraus, und während in der Krystallographie, in der abiologischen Chemie und in der Physik von einer dogmatischen Richtung kaum noch die Rede ist, erscheint uns die organische Morphologie, die biologische Chemie und die Physiologie noch als ein weiter Tummelplatz der haltlosesten und verschiedenartigsten sich bekämpfenden Dogmen. Wie ausserordentlich schwierig es hier auch der bestgewaffneten Kritik wird, vorzudringen, weiss nur derjenige, der selbst einmal den Kampf mit einem eingewurzelten Dogma aufgenommen hat. In dieser Beziehung gleicht die ganze organische Morpho-

logie einem dichten und undurchdringlichen Urwald, in welchem parasitische Lianenstämme die mächtigsten und gesundesten Bäume umschlingen und erdrücken, und in welchem das dichte Gewirr der Schlingpflanzen, das alle Zwischenräume ausfüllt, keinen Lichtstrahl in das unheimliche Dunkel fallen lässt. Was vermag solchem undurchdringlichen Gestrüpp gegenüber die kritische Axt eines Einzelnen, wenn sie auch noch so scharf geschliffen wäre? Allein den kommenden Generationen der jungen Ansiedler, die hier Schritt für Schritt mit klarem kritischen Scharfblick und das bewusste Ziel fest im Auge vordringen, wird es gelingen, diesen Urwald der dogmatischen Vorurtheile zu lichten, und die kritische Axt an die faulen Stämme der alten Autoritäten zu legen.

Verfolgt man eines der zahlreichen Dogmen, von denen es in der Morphologie wimmelt, näher bezüglich seiner Entstehung, so gewahrt man alsbald, dass dabei theils absolute Willkühr, theils aber auch unrichtige und unvollkommene Methode der Schlussfolgerung im Spiele ist. So ist es vor Allem mit dem allmächtigen und weitest verbreiteten Dogma von der Constanz und Selbstständigkeit der Species. Bei diesem, wie bei den meisten anderen derartigen Dogmen ist es weniger die reine Willkühr eines Phantasiegebildes, welche demselben Dauer und Geltung verleiht, als vielmehr die scheinbare Begründung des Dogma durch eine, allerdings meistens höchst unvollständige und unreine Induction. Wie Schleiden sehr richtig bemerkt, ist die dogmatische Methode in ihrer strengsten Consequenz eine an sich unmögliche, und man muss immer mehr oder weniger eine Zeit lang der kritischen Methode gefolgt sein, um nur zur dogmatischen Behandlungsweise kommen zu können. Schlagend zeigt sich hier wieder der grosse Schaden, den die Vernachlässigung einer streng denkenden Untersuchungsmethode und die Verachtung der nothwendigen philosophischen Vorbildung den Morphologen selbst zufügt. Freilich sind sie beständig gezwungen, mit dem unentbehrlichen philosophischen Rüstzeug zu operiren; sie bilden aus den unmittelbaren sinnlichen Wahrnehmungen durch Abstraction die Begriffe, sie verbinden die Begriffe zu Urtheilen, und ziehen aus der Combination der Urtheile ihre inductiven Schlüsse. Statt aber diese wichtigsten Geistes-Operationen mit klarem Bewusstsein vorzunehmen, sich ihrer hohen Bedeutung bewusst zu werden, ziehen es die Meisten vor, sie ganz unverstanden zu gebrauchen; und da ist es denn nicht zu verwundern, dass die kritische Erkenntniss des rechten Weges und Zieles verloren geht, und dass sich der Verstand auf dogmatische Abwege verliert. Wie viele Thorheiten und Irrthümer wären der biologischen Naturwissenschaft erspart worden, wenn die richtige Erkenntniss dieses Verhältnisses eine allgemeinere gewesen wäre, wenn man sich den kritischen Weg, der allein zum Ziele führt, klar gemacht und dadurch die nöthige Vorsicht gegen die vielen verführerischen Seitenpfade der dogmatischen Richtung gewonnen hätte, die nirgends so häufig und so gefährlich sind, als auf dem weiten und vielgestaltigen Boden der organischen Morphologie. Erfreuliche Resultate für diese können wir erst dann erwarten, wenn allgemein kritische Induction und Deduction als ausschliessliche Methode angewandt, und die dogmatische Methode in den Bann gethan wird.

V. Teleologie und Causalität.

(Vitalismus und Mechanismus.)

„Ein mechanisches Kunstwerk ist hervorgebracht nach einer dem Künstler vorschwebenden Idee, dem Zwecke seiner Wirkung. Eine Idee liegt auch jedem Organismus zu Grunde, und nach dieser Idee werden alle Organe zweckmässig organisirt; aber diese Idee ist ausser der Maschine, dagegen in dem Organismus, und hier schafft sie mit Nothwendigkeit und ohne Absicht. Denn die zweckmässig wirkende wirksame Ursache der organischen Körper hat keinerlei Wahl, und die Verwirklichung eines einzigen Plans ist ihre Nothwendigkeit; vielmehr ist zweckmässig wirken und nothwendig wirken in dieser wirksamen Ursache ein und dasselbe. Man darf daher die organisirende Kraft nicht mit etwas dem Geistesbewusstsein Analogen, man darf ihre blinde nothwendige Thätigkeit mit keinem Begriffbilden vergleichen. Organismus ist die factische Einheit von organischer Schöpfungskraft und organischer Materie." Johannes Müller (Handbuch der Physiologie des Menschen, I, p. 23; II, p. 505).

Indem wir in die Untersuchung des äusserst wichtigen Gegensatzes zwischen der teleologischen oder vitalistischen und der mechanischen oder causalistischen Naturbetrachtung eintreten, schicken wir einen Ausspruch Johannes Müller's voraus, der für das Wesen dieses Gegensatzes sehr characteristisch ist. Johannes Müller, den wir als den grössten Physiologen und Morphologen der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts verehren, war bekanntlich seiner innersten Ueberzeugung nach Vitalist, trotzdem er mehr als irgend ein anderer Physiolog vor ihm, für den Durchbruch der mechanischen Richtung in der Physiologie gethan und in einer Reihe der glänzendsten und vorzüglichsten Arbeiten auf allen einzelnen physiologischen Gebietstheilen die alleinige Anwendbarkeit der mechanischen Methode bewiesen hatte. Es begegnete ihm nur bisweilen, wie auch anderen in diesem dualistischen Zwiespalt befangenen Naturforschern, dass er auch in seinen allgemeinen Aussprüchen, die doch eigentlich von vitalistischen Grundlagen ausgingen, sich von der allein richtigen mechanischen Beurtheilungsweise auch der organischen Naturkörper fortreissen liess. Und als ein solcher Ausspruch ist die obige Stelle, durch welche er seine Betrachtungen über das Seelenleben einleitet, von besonderem Interesse. [1]).

---

[1]) Aehnliche innere Widersprüche lassen sich häufig und leicht bei vielen geistvollen Naturforschern nachweisen, welche, theils in Folge vieler von früher Jugend an tief eingesogener Vorurtheile, theils in Folge eines Ueberwiegens der Gemüths-Bedürfnisse über die Verstandes-Erkenntnisse, im Allgemeinen zwar einer teleologischen oder vitalistischen Richtung zugethan sind, im Einzelnen aber dennoch stets gezwungen sind, die mechanische oder causalistische Rich-

Denn was ist eine in jedem Organismus liegende „Idee, welche mit Nothwendigkeit und ohne Absicht wirkt,“ anders, als die mit dem materiellen Substrate des Organismus unzertrennlich verbundene Kraft, welche „mit Nothwendigkeit und ohne Absicht“ sämmtliche biologische Erscheinungen bedingt? Wenn, wie Müller sagt, zweckmässig wirken und nothwendig wirken in dieser wirksamen Ursache im Organismus eines und dasselbe ist, so fällt die zweckthätige Causa finalis mit der mechanischen Causa efficiens zusammen, so giebt die erstere sich selbst auf, um sich der letzteren unterzuordnen, so ist die mechanische Auffassung der Organismen als die allein richtige anerkannt.

Wir haben absichtlich das Beispiel Johannes Müllers gewählt, um diesen inneren Widerspruch der teleologischen Naturbetrachtung zu zeigen, einerseits weil dieser unser grosser Meister, der so erhaben über der grossen Mehrzahl der heutigen Physiologen und Morphologen dasteht, von vielen schwächeren Geistern als Autorität zu Gunsten der Teleologie angerufen wird, andererseits weil an ihm sich dieser innere Widerspruch recht auffallend offenbart. Wer sein klassisches „Handbuch der Physiologie des Menschen“ studirt hat, wer seine bahnbrechenden, mechanischen Untersuchungen über die Physiologie der Stimme und Sprache, des Gesichtssinns und des Nervensystems etc. kennen gelernt hat, der wird von der allein möglichen Anwendung der causal-mechanischen Untersuchungs-Methode des Organismus aufs tiefste durchdrungen sein; und er wird sich in dieser Ueberzeugung durch die vitalistisch-teleologischen Irrthümer, welche

---

tung anzuerkennen und selbst zu befolgen. Und hie und da gewinnt dann bei ihnen die letztere Ueberzeugung auch in weiterer Ausdehnung das Uebergewicht über die erstere. So sagen z. B. Bergmann und Leuckart in ihrer vortrefflichen „anatomisch-physiologischen Uebersicht des Thierreichs,“ deren schwächste Seite in der vorwiegend teleologischen Beurtheilung der Organisations-Verhältnisse liegt (p. 22): „Dieselben Ursachen, welche es haben bewirken können, dass einst in so grosser Ausdehnung über der Erkenntniss des Zweckes die Frage nach der Causalität vergessen wurde, bewirken es nun auch heutigen Tages noch, dass diess gar häufig auf dem Gebiete des organischen Lebens geschieht. Der Complex bewirkender Ursachen, durch welchen das organische Wesen entsteht, ist so höchst verwickelt, dass uns hier noch immer die Analyse an vielen Punkten vollständig im Stiche lässt. Da ist es nun natürlich, dass die ferne liegende Hoffnung einer solchen Aufklärung gar leicht ganz in den Hintergrund tritt, um so mehr als die Frage nach dem Zwecke nicht nur mannichfach leicht zu beantworten ist, sondern in ihrem Interesse auch noch durch den Egoismus erhöht wird.“ Selbst Kant, der die Teleologie für die einzig mögliche Beurtheilungsweise der Organismen erklärt, bemerkt einmal: „Die Zweckmässigkeit ist erst vom reflectirenden Verstande in die Welt gebracht, der demnach ein Wunder anstaunt, das er selbst erst geschaffen hat.“

mit Müller's allgemeinen biologischen Bemerkungen verwebt sind, und welche bei schärferer Betrachtung zu unlösbaren Widersprüchen führen, nicht irre machen lassen. Wie du Bois-Reymond treffend bemerkt, „tritt bei Johannes Müller dieser Irrthum aus dem Nebel vitalistischer Träumereien klar und scharf hervor, mit Hand und Fuss, Fleisch und Bein zum Angriff bietend. Muss, wie aus Müllers Betrachtungen folgt, die Lebenskraft gedacht werden als ohne bestimmten Sitz, als theilbar in unendlich viele dem Ganzen gleichwerthige Bruchtheile, als im Tode oder Scheintode ohne Wirkung verschwindend, als mit Bewusstsein und im Besitze physikalischer und chemischer Kenntnisse nach einem Plane handelnd, so ist es so gut als ob man sagte: es giebt keine Lebenskraft; der apogogische Beweis für die andere Behauptung ist geführt." [1])

Es könnte wohl Manchem überflüssig erscheinen, hier die absolute Verwerflichkeit der vitalistisch-teleologischen Naturbetrachtung, und die alleinige Anwendbarkeit der mechanisch-causalistischen überhaupt noch hervorzuheben. Denn in den allermeisten naturwissenschaftlichen Disciplinen, vor Allem in der gesammten Physik und Chemie, ferner auch in der Morphologie der Anorgane (Krystallographie etc.), wie überhaupt in der gesammten Abiologie ist in Folge der enormen Erkenntniss-Fortschritte unseres Jahrhunderts jede teleologische und vitalistische Betrachtungsweise so vollständig verdrängt worden, dass sie sich mit Ehren nicht mehr sehen lassen kann. Dasselbe gilt von der Physiologie, in welcher jetzt die mechanisch-causale Methode die Alleinherrschaft gewonnen hat; nur derjenige, gänzlich uncultivirte Theil der Physiologie des Centralnervensystems, welcher das Seelenleben behandelt, und künftig einmal als empirische Psychologie die Grundlage der gesammten „reinen Philosophie" werden wird, liegt noch gänzlich ausserhalb dieses Fortschrittes und ist noch gegenwärtig ein Tummelplatz der willkührlichsten vitalistischen und teleologischen Träumereien. Leider müssen wir nun dasselbe, was von der Physiologie der Psyche gilt, auch von der gesammten Morphologie der Organismen und vor Allen der Thiere sagen. Immer spukt hier noch am hellen Tage das Gespenst der „Lebenskraft" oder der „zweckmässig wirkenden Idee im Organismus", und wenn auch die wenigsten Morphologen mit klarem Bewusstsein demselben folgen und daran glauben, so beherrscht dasselbe desto mehr unbewusst die meisten Versuche, welche zu einer Erklärung der organischen Gestaltungsprocesse gemacht werden. Die noch allgemein in der vergleichenden Anatomie üblichen Ausdrücke des „Plans, Bauplans, der allgemeinen Idee", welche diese oder jene

[1]) Emil du Bois-Reymond, Gedächtnissrede auf Johannes Müller. Berlin 1860, p. 89.

Formverhältnisse bedingen, die vielgebrauchte Wendung der „Absicht,“ des „Zwecks,“ welchen die „schöpferische“ Natur durch diese oder jene „Einrichtung“ erreichen will, endlich die neuerdings vielfach beliebte Phrase von dem „Gedanken“, welchen der „Schöpfer“ in diesem oder jenem Organismus „verkörpert“ hat, bezeugen hinlänglich, wie tief hier die alte Irrlehre Wurzel geschlagen hat, und zwingen uns zu einer kurzen Widerlegung derselben.

Zunächst ist hier hervorzuheben, dass man die „vitalistische“ und „teleologische“ Beurtheilungsweise der Organismen, wie wir bereits gethan haben, als identisch annehmen, und der „mechanischen“ Methode, welche ihrerseits mit der „causalistischen“ zusammenfällt, gegenübersetzen kann. Denn es ist in der That vollkommen für die Sache gleichgültig, unter welchem Namen sich die erstere verbirgt, und ob sich das von der Materie verschiedene organisirende Princip, welches das „Leben“ und den „Organismus“ erzeugt und erhält, „Lebenskraft“ nennt, oder „Vitalprincip“, „organische Kraft“ oder „Schöpferkraft“, „systematischer Grundcharakter“ (Reichert) „zweckmässiger Bauplan des Organismus“, „Schöpfungsgedanke“ (Agassiz), oder „ideale Ursache“, „Endzweck“ oder „zweckthätige Ursache (Endursache, Causa finalis)“. Alle diese scheinbar so verschiedenen Ausdrücke sind im Grunde doch nur äusserlich verschiedene Bezeichnungen für eine und dieselbe irrige Vorstellung. Das Wesentliche in dieser Vorstellung bleibt immer, dass diese „Kraft“ eine ganz besondere, von den chemischen und physikalischen Kräften verschiedene und nicht an die Materie gebunden ist, welche sie organisirt. Dadurch steht dieses Dogma von der Lebenskraft oder den Endursachen in einem scharfen und unversöhnlichen Gegensatze zu der „mechanischen“ oder „causalen“ Auffassung, nach welcher das Leben eine Bewegungserscheinung ist, die sich nur durch ihre complicirtere Zusammensetzung von den einfacheren physikalisch-chemischen „Kräften“ der Anorgane (Mineralien, Wasser, Atmosphäre) unterscheidet, und welche ebenso unzertrennlich mit den zusammengesetzteren Materien des Organismus verbunden ist, wie die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Anorgane mit ihrem materiellen Substrate. Diese Verbindung ist eine absolut nothwendige. Die gesammten complicirten „Lebenserscheinungen der Organismen“ sind ebenso durch eine absolute Nothwendigkeit bedingt, wie die einfacheren „Functionen“ oder „Kräfte“ der anorganischen Naturkörper. Hier wie dort sind es allein mechanische Ursachen (Causae efficientes), welche der Materie inhäriren, und welche unter gleichen Bedingungen stets mit Nothwendigkeit die gleiche Wirkung äussern.

Hier tritt uns nun das einfache Causal-Gesetz, das Gesetz des nothwendigen Zusammenhanges von Ursache und Wirkung, als

das erste und oberste aller Naturgesetze entgegen, welches die gesammte Natur, lebendige wie leblose, mit absoluter Nothwendigkeit beherrscht. Dieses wichtigste Naturgesetz, in welchem unsere gesammte Naturerkenntniss gipfelt, sagt zunächst aus, dass jede Wirkung ihre bestimmte wirkende Ursache (causa efficiens), sowie jede Ursache ihre nothwendige Wirkung (effectus) hat. Aus diesem nothwendigen und unlösbaren Zusammenhange von Ursache und Wirkung, welcher die Grundlage unserer ganzen Erkenntniss, unserer gesammten Verstandesthätigkeit ist, folgt dann weiter, dass verschiedene Wirkungen auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden müssen, sowie umgekehrt aus verschiedenen Ursachen stets verschiedene Wirkungen abzuleiten sind; und ebenso folgt daraus, dass gleiche Wirkungen den gleichen Ursachen zuzuschreiben sind, sowie auch umgekehrt gleiche Ursachen stets nothwendig gleiche Wirkungen haben müssen.

Nach diesem ersten und höchsten aller Naturgesetze ist Alles, was in der Natur existirt, entsteht und vergeht, das nothwendige Resultat aus einer Anzahl vorhergehender Factoren, und dieses Resultat ist selbst wieder ein Factor, der zur Hervorbringung anderer Resultate mit absoluter Nothwendigkeit mitwirkt. Diese absolute Nothwendigkeit des unmittelbaren Zusammenhanges von Ursache und Wirkung beherrscht die gesammte Natur ohne Ausnahme, da ja die gesammte Natur, lebendige und leblose, nichts Anderes ist, als ein Wechselspiel von Kräften, welche der gegebenen Summe von Materie inhäriren. Wenn man dem entgegen in der organischen Natur, in den belebten Naturkörpern, eine Wirkung ohne Ursache, eine Kraft ohne Stoff angenommen hat, welche mithin dem Causalgesetz nicht unterworfen wäre, so ist dieser Irrthum lediglich durch die weit grössere Complication der hier auftretenden Bewegungs-Erscheinungen hervorgerufen worden, durch die weit grössere Anzahl der verschiedenen Factoren, welche auf dem Lebensgebiete zur Hervorbringung jedes Resultats zusammenwirken, und durch die weit zusammengesetztere Natur dieser Factoren selbst. Da wir im zweiten und sechsten Buche auf dieses Verhältniss noch näher zurückkommen müssen, so möge diese Bemerkung genügen, und die ausdrückliche Hinweisung auf die Thatsache, dass in der ganzen Natur dieselben Kräfte wirksam sind, dass die organische Natur sich aus der anorganischen erst historisch entwickelt hat, und dass nur eine gänzliche Verkennung dieses Umstandes und die Uebertreibung des Unterschiedes der leblosen und belebten Naturkörper zu den gänzlich unbegründeten teleologischen und vitalistischen Dogmen hat verführen können. Alles was uns in der lebendigen Natur als das vorbedachte Resultat einer freien zweckthätigen Ursache, einer causa finalis erscheint, welche die physikalisch-chemischen

Ursachen beherrscht und von ihnen unabhängig ist, Alles das ist in der That weiter nichts, als die nothwendige Folge der Wechselwirkung zwischen den existirenden mechanischen Ursachen (den „existing causes“ oder den physikalisch-chemischen Ursachen), ist nichts, als die nothwendige Wirkung mehrerer Causae efficientes.[1])

Dass in der That freie zweckthätige Ursachen oder Causae finales in der gesammten Natur nicht existiren, dass vielmehr überall nur nothwendige mechanische Ursachen thätig sind, wird durch die Gesammtheit aller Erscheinungen in der organischen und anorganischen Natur auf das Unwiderleglichste bewiesen. Unter allen biologischen Erscheinungsreihen ist aber in dieser Beziehung keine von so ausserordentlicher Wichtigkeit, und dabei bisher so gänzlich fast von allen Philosophen und Naturforschern vernachlässigt, als die Wissenschaft von den rudimentären Organen, welche wir geradezu die

---

[1]) Die hochwichtige Erkenntniss von der allgemeinen Gültigkeit des einfachen Causalgesetzes in der gesammten Natur, von der nothwendigen Consequenz der causae efficientes in den Organismen, wie in den Anorganen, ist durch Nichts so sehr hintertrieben und umgangen worden, als durch die aprioristischen Speculationen der nicht empirisch gebildeten Philosophen, welche von vollkommen willkührlich aufgestellten Praemissen und von ganz unzureichenden Erfahrungen ausgehend, in der gesammten organischen Natur überall „Zwecke“ entdecken wollten, und dabei in der Regel von der Vergleichung des Organismus mit einer vom Menschen künstlich construirten Maschine ausgingen. Die Harmonie der Theile, das Wechselverhältniss derselben zum Ganzen, welches bei der künstlich construirten Maschine durch die bewusste Zweckthätigkeit menschlichen Verstandes und Willens erzielt wird, das sollte in den durch „natürliche Zweckmässigkeit“ entstehenden Organismen von einem der letzteren anolog wirkenden zweckthätigen Principe bewirkt werden. Sobald man dieses Princip, die Lebenskraft etc., in seiner Wirksamkeit näher zu bestimmen suchte, musste man natürlich immer tiefer in den groben Anthropomorphismus hineinsinken, auf dem dieser ganze Vergleich beruht. Ausserdem wurde aber eine grundfalsche Folgerung in denselben noch dadurch hineingebracht, dass man von der gänzlich unberechtigten und durch keine Erfahrung bewiesenen Annahme eines freien Willens beim Menschen ausging. Und doch musste jede einigermaassen aufrichtige und tiefer gehende Selbstprüfung zeigen, dass ein freier Wille nicht existirt, und dass jede scheinbar freie Willenshandlung, auch die einfachste, das absolut nothwendige Resultat aus der höchst complicirten Zusammenwirkung zahlreicher verschiedener Factoren ist. Jeder dieser Factoren ist abermals ein absolut nothwendiges Resultat aus dem complicirten Zusammenwirken vieler anderer Factoren (wirkender Ursachen) u. s. w. Wenn wir die unabsehbare Kette dieser mechanischen, mit Nothwendigkeit wirkenden Ursachen bis auf ihren ersten Ursprung zu verfolgen suchen, so gelangen wir endlich zu zweierlei verschiedenen Grundursachen, nämlich einmal den erblichen, d. h. den eigenen, der Materie des Organismus ursprünglich inhärenten, und sodann zu den fremden, welche der Organismus durch Anpassung, durch Wechselwirkung mit seiner Umgebung, erworben hat. Vergl. V. Buch.)

Unzweckmässigkeitslehre, Dysteleologie nennen könnten. Jeder höhere und entwickeltere Organismus, und wahrscheinlich die grosse Mehrzahl der Organismen überhaupt, ist im Besitz von Organen, welche keine Functionen haben, welche zu keiner Zeit des Lebens jemals thätig sind, und welche im besten Falle dem Organismus gleichgültig, häufig ihm aber geradezu nachtheilig sind. Diese rudimentären Organe, welche zu aller Zeit das grösste Kreuz der Teleologie waren, sind in der That für dieselbe das unübersteiglichste Hinderniss, und diese sowohl, als die zahlreichen anderen unzweckmässigen und unvollkommenen, oft sogar für den Organismus selbst höchst nachtheiligen und schädlichen Einrichtungen, welche bei zahlreichen Organismen vorkommen, lassen sich lediglich aus den mechanischen wirkenden Ursachen, und durchaus nicht aus zweckthätigen Endursachen erklären.[1]) Diese Erklärung ist nun zuerst von Darwin gegeben worden. Seine grosse Entdeckung der natürlichen Zuchtwahl im Kampfe um das Dasein erklärt alle diese Verhältnisse ganz vollkommen, wie im fünften und sechsten Buche gezeigt werden wird.

Da wir dort diese Verhältnisse noch ausführlich zu erörtern haben, so genügt hier der Hinweis auf das ganz besondere Verdienst, welches Darwin um die definitive Lösung dieser äusserst wichtigen Fundamental-Fragen hat. Wir erblicken in Darwins Entdeckung der natürlichen Zuchtwahl im Kampfe um das Dasein den schlagendsten Beweis für die ausschliessliche Gültigkeit der mechanisch wirkenden Ursachen auf dem gesammten Gebiete der Biologie, wir erblicken darin den definitiven Tod aller teleologischen und vitalistischen Beurtheilung der Organismen.[2])

---

[1]) Dass wirklich im Thier- und Pflanzenreich äusserst zahlreiche höchst unvollkommene und unpraktische, unnütze und schädliche Organisations-Verhältnisse existiren, welche die Existenz der betreffenden Organismen selbst in mehr oder minder hohem Grade gefährden, und sehr häufig ihren Untergang herbeiführen, ist eine bisher zwar wenig hervorgehobene, aber äusserst wichtige Thatsache, welche jedem Botaniker und Zoologen, der einen weiteren Ueberblick über sein Gebiet besitzt, bekannt ist. Den schlagendsten Beweis dafür liefern die complicirten Verhältnisse des Kampfes um das Dasein, in welchem in jedem Augenblick Tausende von Organismen zu Grunde gehen, um den vollkommeneren und weniger unzweckmässig organisirten Formen von derselben „Art" Platz zu machen. Die gesammte Palaeontologie bildet hierfür eine fortlaufende Beweiskette, und schon in dieser Beziehung allein den glänzendsten Beweis für die Wahrheit der genialen Lehre Darwin's.

[2]) Von der gänzlichen Verkennung und dem vollständigen Missverständniss, welche Darwin's Begründung der Descendenz-Theorie nicht allein bei vielen Laien, sondern auch bei zahlreichen, und selbst bei sehr berühmten Naturforschern gefunden hat, legt vielleicht kein Umstand schlagenderes Zeugniss ab, als die wahrhaft komische Thatsache, dass man Darwin's Lehre alles Ernstes

Die unschätzbaren Entdeckungen Darwins haben das Gesammtgebiet der organischen Natur plötzlich durch einen so hellen Lichtstrahl erleuchtet, dass wir fürderhin keine Thatsache auf demselben mehr als unerklärbar werden anzusehen haben. Wir sagen: „unerklärbar", nicht: „unerklärt". Denn erklärt ist auf diesem ganzen vasten Gebiet immer noch im Ganzen ausserordentlich wenig. Freilich hatte die strenge physikalisch-chemische Richtung in der Physiologie die Lebensfunctionen der bestehenden Organismen schon seit mehreren Decennien in so hohem Maasse aufgeklärt, und so viele, wenn auch zunächst nur beschränkte Gesetze gefunden, dass an einer vollständigen Erklärung aller Erscheinungen auf diesen Gebieten mittelst rein mechanisch wirkender Ursachen schon vor dem Erscheinen von Darwins epochemachendem Werk (1859) nicht gezweifelt werden konnte. Ganz anders aber sah es bis dahin auf dem Gebiete der Anatomie und der Entwickelungsgeschichte aus. Die Entstehung der organischen Formen, die Entwickelungsgeschichte der Organismen galten fast allgemein für Erscheinungsreihen, welche jeder mechanischen Causal-Erklärung vollständig unzugänglich seien, und auf welche nur durch teleologisch-vitalistische Betrachtungen ein erklärendes Licht geworfen werden könne[1]). Diesen Irr-

---

den Vorwurf einer teleologischen Naturbetrachtung gemacht hat! So sagt Kölliker, einer der an Kenntnissen (aber nicht an Erkenntnissen!) reichsten Mikroskopiker: „Mit Bezug auf Darwin's Grundanschauungen ist erstens hervorzuheben, dass Darwin im vollsten Sinne des Worts Teleolog ist" (!!) (Zeitschr. f. wiss. Zool. XIV). Kölliker stellt dann statt des Princips der natürlichen Züchtung, welches er durchaus als teleologisch verwirft, den „Grundgedanken" auf, „dass der Entstehung der gesammten organisirten Welt ein grosser Entwickelungsplan zu Grunde liegt" (!). Mit anderen Worten, Kölliker setzt an die Stelle des von Darwin entdeckten, höchst wichtigen thatsächlichen Verhältnisses, welches jede Teleologie ausschliesst, ein leeres und nichtssagendes Wort. Denn dieser „grosse Entwickelungsplan" ist entweder gar Nichts oder eine durchaus teleologische Vorstellung, welche Nichts erklärt. Richtiger hat Oskar Schmidt die Vernichtung, welche Darwin über die gesammte Teleologie verhängt, beurtheilt, indem er ihr als „wesentlichstes aprioristisches Bedenken entgegen hält, dass sie den Zufall zum Weltprincip macht." Auch schon von anderen Teleologen ist dieser Einwand als der wesentlichste hervorgehoben worden. Nach unserer Auffassung zerfällt derselbe mit der ganzen Teleologie in Nichts. Denn es giebt einen „Zufall" so wenig, als einen „Zweck" in der Natur, so wenig als einen sogenannten „freien Willen." Vielmehr ist jede Wirkung nothwendig durch vorausgehende Ursachen bedingt, und jede Ursache hat nothwendig Wirkungen in ihrem Gefolge. In unserer Anschauung tritt an die Stelle des „Zufalls" in der Natur, ebenso wie an die Stelle des Zweckes und des freien Willens, die absolute Nothwendigkeit, die ἀνάγκη.

[1]) Dass in der That der beschränkte teleologisch-vitalistische Standpunkt, nur in den verschiedensten Nüancen der Consequenz abgestuft, und mit den verschiedensten Graden des Bewusstseins verfolgt, in der gesammten Morphologie der Organismen vor Darwin der allgemein herrschende gewesen sei (einzelne ehrenvolle Ausnahmen natürlich abgerechnet), könnte vielleicht Diesem oder Jenem, und besonders dem längst der Teleologie

thum hat Darwin vollständig und mit einem Schlage vernichtet. Darwin hat evident bewiesen, wie es die einfachsten mechanischen Causal-Verhältnisse sind, welche diese anscheinend so complicirten und für so ganz unerklärlich gehaltenen Lebens-Erscheinungen, die Formbildung und die Entwickelung regeln und beherrschen. Da wir dies im fünften und sechsten Buche auseinander zu setzen haben, so können wir hier darauf verweisen.

Nur ein Umstand möge hier noch besonders hervorgehoben werden, nämlich, dass durch die von Darwin thatsächlich erklärte Entstehung der complicirtesten organischen Formen bereits factisch die Hauptstütze der Teleologie vernichtet und zertrümmert ist. Alle einer teleologischen Betrachtung der organischen Naturerscheinungen geneigten Philosophen, und vor Allen Kant, dessen Einfluss auf die Entwickelung der Naturwissenschaft in unserem Jahrhundert (wegen seiner breiteren empirischen Grundlage) grösser geworden ist, als derjenige irgend eines anderen speculativen Philosophen, hatte ausdrücklich für die Nothwendigkeit einer teleologischen Beurtheilung der organischen Natur hervorgehoben, dass deren Processe vollkommen unerklärlich, dem Erkenntniss-Vermögen des Menschen nicht zugänglich, und dass insbesondere die Entstehung der complicirteren Organismen durch bloss mechanische Ursachen vollkommen unbegreiflich sei. Die Befugniss der mechanischen Ursachen zur Erklärung dieser Erscheinungen wurde von Kant ausdrücklich zugestanden, aber das Vermögen der Erklärung ihnen abgesprochen. Daher wollte er auch die „natürliche Zweckmässigkeit“ der Teleologie nur als Maxime der Beurtheilung, nicht als Erkenntnissprincip zulassen. Ausdrücklich sagte er desshalb, dass die lebendige Natur nicht Gegenstand der Erkenntniss, sondern bloss der Betrachtung sein könne, weil eben die bewegenden Kräfte der Materie nicht zur Erklärung der Organisation ausreichten. So gerieth denn auch Kant in die unauflösliche Antinomie zwischen Mechanismus und Teleologie. Während er in seinen „metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft“ bewiesen hatte, dass Alles in der materiellen Natur mechanisch entstehe und aus bewegenden Kräften als mechanischen Ursachen erklärt werden müsse, war er nun in der „Analytik der teleologischen Urtheilskraft“ gezwungen zu erklären, dass Einiges in der materiellen Natur, nämlich das Organische, das

---

entwöhnten Physiologen und Abiologen, eine übertriebene Behauptung erscheinen. Indess liefert fast die gesammte morphologische Literatur hierfür die schlagendsten Beweise. Selten freilich ist dieser kurzsichtige Standpunkt mit solchem Bewusstsein und solcher Consequenz festgehalten worden, wie dies z. B. von Reichert geschehen ist. Wer die ganze Beschränktheit, die wahrhaft komischen Widersprüche, und den gänzlichen Mangel an Ueberblick der Gesammtnatur und an Einblick in ihr causales Wesen kennen lernen will, die gewöhnlich mit der extremen Consequenz des Vitalismus verbunden sind, dem empfehlen wir zur ebenso belehrenden als erheiternden Lectüre die höchst seltsamen und an philosophischer Verworrenheit das Maximum leistenden Aufsätze von Reichert in Müller's Archiv f. An. u. Ph. etc. 1855 p. 1 (über atomistische und systematische Naturauffassung) und 1856 p. 1 (die Morphologie auf dem Standpunkt der systematischen Naturauffassung).

Leben, nicht mechanisch entstehen und nicht aus bewegenden Kräften als rein mechanischen Ursachen erklärt werden könne. Hier ist die Achilles-Ferse der Kantischen Philosophie. Während Kant in allen seinen Erklärungen der anorganischen Natur, vor Allem in seiner Naturgeschichte des Himmels, ein bewunderungswürdiges Muster der exactesten denkenden naturwissenschaftlichen Forschung, der besten Naturphilosophie geliefert hatte, verliess er auf dem Gebiete der Biologie die allein mögliche Bahn der empirischen Philosophie gänzlich und warf sich der verführerischen Teleologie in die Arme, die ihn nun von Irrthum zu Irrthum weiter führte.

Wenn dieser grosse Irrthum einen so hervorragenden und kritischen Denker, wie Kant war, vollkommen gefangen halten und zu so starken dogmatischen Fehlern weiter verleiten konnte, so dürfen wir uns nicht wundern, dass zahlreiche unbedeutendere Philosophen demselben blindlings folgten, und dass das ganze Heer der Biologen, welche froh waren, nun nicht weiter denken zu brauchen, dem aufgepflanzten Banner mit grosser Genugthuung folgte. In der That war es so ausserordentlich bequem und leicht, mit irgend einer teleologischen Betrachtung jeden Versuch einer mechanischen Erklärung der organischen Natur abzuschneiden, dass die Teleologie bald zum allgemeinen Feldgeschrei der Biologie wurde. Niemand war froher darüber, als die grosse Mehrzahl der Morphologen, welche nun ungestört der Beobachtung, Beschreibung und Abbildung aller möglichen organischen Formen sich hingeben konnten, ohne durch irgend einen unbequemen kritischen Gedanken über die mögliche Bedeutung dieser Formen, über ihre mechanischen Ursachen und über den causalen Zusammenhang der Formbildungsreihen beunruhigt zu werden. Da die meisten Morphologen, sowohl die „Systematiker“ als die „Anatomen“ in diesem behaglichen und idyllischen Formgenusse vollkommene Befriedigung fanden, und da sie in diesem wissenschaftlichen Halbschlafe oder doch wenigstens in diesem gedankenarmen Traumleben von der eigentlichen Aufgabe ihrer Wissenschaft, von der Erklärung der organischen Formverhältnisse, keine Ahnung hatten, so erscheint uns schon hieraus die tiefe Entrüstung vollkommen erklärlich, als plötzlich Darwin's lauter Weckruf ertönte, und diesem behaglichen teleologischen Stillleben mit einem Male ein jähes und grausames Ende bereitete. Aus behaglichem Mittagsschlummer durch einen kritischen Stoss aufgeschreckt zu werden ist immer höchst unangenehm, und besonders wenn dieser sanfte Schlummerzustand habituell, fast zur anderen Natur geworden ist, wie bei unserer heutigen Morphologie.

Was Kant betrifft, so zweifeln wir nicht, dass wenn er heut' erstände, sein ganzes kritisches Lehrgebäude eine vollkommen andere Form erhalten würde, und dass er die von Darwin entdeckte mechanische Erklärung der Entstehung der Organismen und die von der neueren Physiologie festgestellte mechanische Erklärung ihrer Lebens-Erscheinungen, nach denen er so lange und so vergeblich gestrebt, acceptiren würde. Der biologische Theil der Kantischen Philosophie würde dann, mit Ausschluss aller Teleologie, die Erklärung der organischen Natur eben so vollkommen auf rein mechanische „wirkende Ursachen“ begründen, wie es der abiologische Theil schon damals in so vollendetem Maasse gethan hat.

Dadurch, dass wir die Teleologie Kant's für einen überwundenen Standpunkt erklären, wollen wir demselben natürlich in keiner Weise einen Vorwurf machen und es vermindert unsere Verehrung dieses grossen Philosophen und unsere Hochachtung vor seinen ausserordentlichen Verdiensten auf dem Gebiete der Abiologie nicht im Geringsten, wenn wir demselben die gleichen Verdienste auf dem biologischen Gebiete absprechen, und seine Kritik der teleologischen Urtheilskraft für ein von der Basis an irrthümliches Lehrgebäude halten. Wenn man bedenkt, auf welcher ausserordentlich niedrigen Stufe zu Kant's Zeit die gesammte empirische Biologie stand, wie die Physiologie, die Entwickelungsgeschichte, die Morphologie der Organismen, als selbstständige Wissenschaften damals noch gar nicht anerkannt waren, so finden wir hierin, und in den vitalistischen Vorurtheilen, die das ganze Zeitalter gefangen hielten, Grund genug dafür, dass Kant an der Möglichkeit einer wissenschaftlichen Biologie geradezu verzweifeln und die Erklärung der lebendigen Natur für etwas Unmögliches halten konnte. Mit anderen Worten heisst das nichts Anderes, als dass die gesammten Biologen gleiche Thoren sind, wie die vielen Träumer, welche den Stein der Weisen suchten. Wenn die gesammte organische Natur, wie Kant behauptet, in ihrem innersten Wesen unbegreiflich und unerkennbar ist, wenn deren Erscheinungen nicht aus mechanisch wirkenden Ursachen erklärt werden können, so sind alle Naturforscher, welche nach einer solchen Erklärung streben und suchen, kindische Thoren. In dieser nothwendigen Consequenz zeigt sich die ganze Unhaltbarkeit der Teleologie und des davon nicht trennbaren Vitalismus. Die Teleologie als wissenschaftliche Methode ist in der That unmöglich; sie verneint sich selbst.

Wenn wir bedenken, dass eine Anzahl von Erscheinungen der organischen Natur schon wirklich erklärt, dass die Gesetze für eine wenn auch relativ noch kleine Zahl von biologischen Thatsachen bereits wirklich gefunden sind, und dass diesen Gesetzen dieselbe absolute Geltung zugestanden werden muss, wie jedem physikalisch-chemischen Gesetze, wenn wir bedenken, dass eine wissenschaftliche Physiologie überhaupt nur durch die strengste Ausschliessung jeder Teleologie möglich ist, so werden wir die letztere auch aus dem Gebiete der organischen Morphologie vollständig verbannen dürfen. Und am wenigsten werden wir, wenn wir diese Lehre als wirkliche Wissenschaft ansehen, mit der heuchlerischen Miene, die viele Morphologen lieben, erklären dürfen, dass wir uns demüthig mit der blossen erbaulichen Betrachtung der Organismen begnügen und ja keinen indiscreten Blick in das uns verschlossene Geheimniss ihrer „inneren Natur", ihres causalen Wesens thun wollen.

Einen Punkt müssen wir hierbei schliesslich noch offen berühren. Die meisten Morphologen der Neuzeit lieben es, die unversöhnliche Gegnerschaft zwischen teleologischer und mechanischer Biologie durch ein versöhnliches Mäntelchen zu verdecken und einen Compromiss zwischen den beiden entgegen gesetzten Extremen zu erstreben. Bis zu einer gewissen Grenze soll die organische Natur erkennbar sein, und von da an soll die Erkennbarkeit aufhören. Eine Reihe von biologischen Erscheinungen soll sich auf dem mechanischen Wege aus wirkenden Ursachen erklären lassen, der übrige Rest

aber nicht. Dies ist allerdings insofern richtig, als unser menschliches Erkenntnissvermögen beschränkt ist, und als wir die letzten Gründe nicht von einer einzigen Erscheinung wahrhaft erkennen können. Dies gilt aber in ganz gleichem Maasse von der organischen und anorganischen Natur. Die Entstehung jedes Krystalls bleibt für uns in ihren letzten Gründen eben so räthselhaft, wie die Entstehung jedes Organismus. Die letzten Gründe sind uns hier nirgends zugänglich. Jenseits der Grenze des Erkenntnissvermögens können wir uns beliebige, ohne inductive Grundlage gebildete Vorstellungen, zu unserer persönlichen Gemüths-Befriedigung schaffen, niemals aber dürfen wir versuchen, diese rein dogmatischen Vorstellungen des Glaubens in die Wissenschaft einzuführen. Und ein solches Glaubens-Dogma ist jeder teleologische und vitalistische Erklärungs-Versuch.

Von allen denkenden Menschen fordern wir in erster Linie, dass sie consequent sind, und von allen Naturforschern, welche die Teleologie und den Vitalismus in der Biologie für unentbehrlich halten, fordern wir, dass sie diese Methode in strengster Consequenz für die Betrachtung aller Erscheinungen der organischen Natur ohne Ausnahme, für die gesammte Physiologie, Entwickelungsgeschichte und Morphologie, durchführen. Unseres Wissens liegt nur ein einziger derartiger Versuch im grössten Style aus der neueren Zeit vor. Das ist der äusserst merkwürdige „Essay on classification" von Louis Agassiz, der fast gleichzeitig mit seinem vernichtenden Todfeinde, mit Darwin's Theorie, das Licht der Welt erblickte. Jedem Biologen, welcher sich nicht entschliessen kann zur absoluten Verwerfung der teleologischen und zur unbedingten Annahme der mechanischen Methode, empfehlen wir dieses höchst interessante Buch, welches trotz des grössten Aufwandes von Geist in jedem Capitel sich selbst vernichtet und negirt, zur aufmerksamen Lectüre. Und wenn er dann noch an dem Vitalismus oder der Teleologie festhalten kann, empfehlen wir ihm dieselbe dualistische Consequenz, wie Louis Agassiz.

VI. Dualismus und Monismus.

„Die Richtung des Denkens der Neuzeit läuft unverkennbar auf Monismus hinaus. Der Dualismus, fasse man ihn nun als Gegensatz von Geist und Natur, Inhalt und Form, Wesen und Erscheinung, oder wie man ihn sonst bezeichnen mag, ist für die naturwissenschaftliche Anschauung unserer Tage ein vollkommen überwundener Standpunkt. Für diese giebt es keine Materie ohne Geist (ohne die sie bestimmende Nothwendigkeit), aber ebenso wenig auch Geist ohne Materie. Oder vielmehr es giebt weder Geist noch Materie im gewöhnlichen Sinne, sondern nur Eins, das Beides zugleich ist. Diese auf Beobachtung beruhende Ansicht des Materialismus zu beschuldigen, ist eben so verkehrt, als wollte man sie des Spiritualismus zeihen." August Schleicher.[1])

[1]) August Schleicher, die Darwinsche Theorie und die Sprachwissenschaft. Weimar, 1863, p. 8. Indem ich meinem lieben Freunde und Collegen

Diese Worte des berühmten comparativen Linguisten, der die naturwissenschaftliche Untersuchungsmethode in der **vergleichenden Sprachforschung** durchgeführt, und als der Erste von allen Sprachforschern die **Theorie Darwins** mit eben so viel Geist als Erfolg auf diesen Theil der vergleichenden Physiologie angewandt hat, bezeichnen mit treffender Wahrheit den unversöhnlichen Gegensatz zwischen Dualismus und Monismus, der unsere gesammte Naturwissenschaft, wie die ganze Denkthätigkeit unserer Zeit in zwei feindliche Heerlager trennt. Wir können nicht umhin, hier am Schlusse unserer kritisch-methodologischen Einleitung noch kurz bei einer Betrachtung dieses Gegensatzes zu verweilen, obschon die vorhergehenden Abschnitte zur Genüge gezeigt haben werden, dass wir den Monismus in aller Schärfe und in seinem vollen Umfange für die einzig richtige Weltanschauung und folglich auch für die einzig richtige Methode in der gesammten Naturwissenschaft halten, und dass wir jede dualistische Erkenntniss-Methode unbedingt verwerfen.

Die thatsächliche Vereinigung und vollkommene Versöhnung, welche in dem Monismus solche scheinbare Gegensätze finden, wie es Kraft und Stoff, Geist und Körper, Freiheit und Natur, Wesen und Erscheinung sind, ist auf keinem Gebiete des Erkennens mehr hervorzuheben, als auf demjenigen der Biologie, und vor Allem auf dem der organischen Morphologie. Denn, wie schon im Vorhergehenden vielfach gezeigt worden ist, hat Nichts so sehr einer gesunden und natürlichen Entwickelung unserer Wissenschaft geschadet, als der künstlich erzeugte Dualismus, durch welchen man bei jeder Beurtheilung eines Organismus seiner materiellen körperlichen Erscheinung eine davon unabhängige Idee oder einen „Lebenszweck“ entgegensetzte, ein Dualismus, welcher sich in der naturwissenschaftlichen Untersuchungs-Methode als Gegensatz von Philosophie und Naturwissenschaft, von

---

Schleicher, der diese kleine Schrift in Form eines öffentlichen Sendschreibens an mich publicirte, hierfür bei dieser Gelegenheit öffentlich meinen herzlichsten Dank abstatte, erlaube ich mir zugleich die Naturforscher, welche sich für die weitere Begründung der Descendenz-Theorie interessiren (und alle Biologen sollten dies thun!) auf die schlagende und überraschende Beweisführung hinzuweisen, welche **Schleicher** dort zu Gunsten derselben mit seinem linguistischen Materiale liefert. In der That treten viele Verhältnisse der natürlichen Zuchtwahl im Kampfe um das Dasein bei den Sprachen in viel klarerer und einfacherer Weise hervor, als es bei anderen Functionen des Thierleibes der Fall ist. Wenn die vergleichende Sprachforschung erst ihren natürlichen Platz als empirisch-philosophische Naturwissenschaft in der Physiologie des Menschen gefunden haben wird, so wird zweifelsohne dieses wichtige und interessante Verhältniss eine gerechtere und allgemeinere Würdigung finden, als es bisher der Fall gewesen ist.

Denken und Erfahren überall zum grössten Schaden einer natürlichen Erkenntniss entwickelt hat. Wie unendlich viel weiter würde unsere Wissenschaft jetzt sein, wenn man sich dieses künstlich erzeugten Zwiespalts bewusst geworden wäre, und wenn man mit klarem Bewusstsein die monistische Beurtheilungsweise als die einzig mögliche Methode einer wirklichen Natur-Erkenntniss befolgt hätte.

Indem der Monismus als philosophisches System nichts Anderes, als das reinste und allgemeinste Resultat unserer allgemeinen wissenschaftlichen Weltanschauung, unserer gesammten Natur-Erkenntniss ist, bildet seine unterste und festeste Grundlage das allgemeine Causal-Gesetz: „Jede Ursache, jede Kraft, hat ihre nothwendige Wirkung, und jede Wirkung, jede Erscheinung, hat ihre nothwendige Ursache." Schon hieraus ergiebt sich, dass derselbe jede Teleologie und jeden Vitalismus, welche Form dieser auch annehmen mag, absolut verneint, und insofern ist die monistische Methode in der Biologie zugleich die mechanische, die causale, deren alleinige Berechtigung der vorige Abschnitt dargethan hat. Da nun die vielbestrittene Geltung des mechanischen Causal-Gesetzes in der organischen Natur durch Nichts so sehr gefördert und so bestimmt begründet worden ist, als durch Darwins Theorie, so können wir auch diese Lehre als eine rein monistische bezeichnen. Und in der That beruht dieses ganze wundervolle Lehrgebäude, wie alle einzelnen Theile desselben, vollkommen auf reinen monistischen Anschauungen. Wenn wir dereinst mit Hülfe der Descendenz-Theorie die gesammte Morphologie der Organismen auf die allein sichere Grundlage der mechanischen Naturgesetze begründet, die Erscheinungen der organischen Morphologie mechanisch-causal, aus ihren wirkenden Ursachen werden erklärt haben, so wird das darauf gegründete System der Morphologie der Organismen ein absolut monistisches Lehrgebäude sein, wie es freilich jede wahre Wissenschaft, insofern sie Naturwissenschaft sein will und muss, mit Nothwendigkeit erstreben muss.

Da der Ausdruck Monismus in unzweideutiger Weise diejenige kritische Auffassung der gesammten (organischen und anorganischen) Natur, und diejenige kritische Methode ihrer Erkenntniss, welche wir auf den vorhergehenden Seiten als die allein mögliche und durchführbare dargethan haben, bezeichnet, so werden wir uns dieses kurzen und bequemen Ausdrucks stets bedienen, wo es darauf ankommt, an die von uns ausschliesslich befolgte Methode zu erinnern; andererseits werden wir als Dualismus stets kurz diejenigen verschiedenen, der unserigen entgegengesetzten Auffassungsweisen der Natur und Methoden ihrer Erkenntniss bezeichnen, welche als „teleologische" und „vitalistische," als „systematische" und „speculative" Dogmen für die Beurtheilung und Erkenntniss der organischen Natur andere Methoden

fordern, als für die Beurtheilung und Erkenntniss der anorganischen Natur allgemein anerkannt sind.

Von allen Gegensätzen, welche der Dualismus künstlich erzeugt und aufstellt, und welche der Monismus versöhnt und aufhebt, ist keiner für die gesammte Wissenschaft wichtiger, als der auch jetzt noch meist so allgemein festgehaltene Gegensatz von Kraft und Stoff, von Geist und Materie, und der auf diese künstliche Antinomie gegründete Gegensatz von Erfahrung und Denken, von empirischer Naturwissenschaft und speculativer Philosophie. Wir haben oben im Eingange unserer methodologischen Erörterungen die absolute Nothwendigkeit einer Vereinigung dieser Richtungen nachzuweisen versucht, und wir müssen hier am Ende nochmals kurz darauf zurückkommen, da nach unserer festesten Ueberzeugung die versöhnende Aufhebung dieses Gegensatzes den Anfang und das Ende, das A und das O aller wirklichen „Wissenschaft" bildet. Leider wird ja immer noch von so vielen Seiten der durchaus künstliche Gegensatz, durch welchen man Empirie und Philosophie zu trennen sucht, und welcher vorzüglich einer höchst einseitigen Verfolgung jeder der beiden Richtungen entsprungen ist, so starr festgehalten, dass nicht genug auf die Nothwendigkeit ihrer Versöhnung durch den Monismus hingewiesen werden kann.

Die vollendete Philosophie der Zukunft, welche wir oben als das reife Resultat der nothwendigen und vollkommenen gegenseitigen Durchdringung von Empirie und Philosophie bezeichnet haben, wird in der That nichts weiter sein, als ein vollendetes System des Monismus. Freilich wird zur Erreichung dieses hohen Zieles vor Allem die erste Vorbedingung zu erfüllen sein, dass die Naturforscher Philosophen werden und dass sich die Philosophen in Naturforscher umwandeln, oder dass sich, mit anderen Worten, dieser durchaus künstliche und höchst schädliche Zwiespalt aufhebt. In der That ist, wenn wir an Beide die Anforderung einer vollständig reifen Ausbildung auf ihrem Gebiete stellen, nicht ein Unterschied — wir sagen, nicht ein Unterschied — zwischen Naturforschern und Philosophen, zwischen Natur-Wissenschaft und Natur-Philosophie ausfindig zu machen. Beide sind vielmehr stets und überall ein und dasselbe. Die höher entwickelte Zukunft wird diesen künstlich erzeugten Dualismus nicht mehr kennen. Ihre monistische Weltanschauung wird Naturwissenschaft und Philosophie zu dem grossen Ganzen einer einzigen allumfassenden Wissenschaft verschmelzen.

Von dieser absoluten Wahrheit des Monismus unerschütterlich durchdrungen, schliessen wir diese kritische und methodologische Einleitung, wie wir sie begonnen, mit einem Ausspruche unseres unvergleichlichen Goethe:

„Weil die Materie nie ohne Geist, der Geist nie ohne Materie existirt und wirksam sein kann, so vermag auch die Materie sich zu steigern, sowie sich's der Geist nicht nehmen lässt, anzuziehen und abzustossen; wie derjenige nur allein zu denken vermag, der genugsam getrennt hat, um zu verbinden, genugsam verbunden hat um wieder trennen zu mögen."

Zweites Buch.

Allgemeine Untersuchungen über die Natur und erste Entstehung der Organismen, ihr Verhältniss zu den Anorganen, und ihre Eintheilung in Thiere und Pflanzen.

„In's Innre der Natur —“
O Du Philister! —
„Dringt kein erschaffner Geist.“
Mich und Geschwister
Mögt ihr an solches Wort
Nur nicht erinnern;
Wir denken: Ort für Ort
Sind wir im Innern.
„Glückselig! wem sie nur
„Die äussre Schale weist!“
Das hör' ich sechzig Jahre wiederholen,
Ich fluche drauf, aber verstohlen;
Sage mir tausend tausendmale:
Alles giebt sie reichlich und gern;
Natur hat weder Kern noch Schale,
Alles ist sie mit einem Male;
Dich prüfe Du nur allermeist,
Ob Du Kern oder Schale seist.

Goethe.

Fünftes Capitel.

Organismen und Anorgane.

„Der Geist übt sich an dem würdigsten Gegenstande, indem er das Lebendige nach seinem innersten Werth zu kennen und zu zergliedern sucht."
Goethe.

I. Organische und anorganische Stoffe.

I) 1. Differentielle Bedeutung der organischen und anorganischen Materien.

Bevor wir an unsere eigentliche Aufgabe gehen, und nach den im ersten Buche festgestellten Methoden und Principien die Grundzüge der generellen Morphologie der Organismen zu entwerfen versuchen, scheint es uns unerlässlich, den Begriff des Organismus selbst, sowie sein Verhältniss zur anorganischen Natur, und die übliche Eintheilung der Organismen in Thiere und Pflanzen, einer allgemeinen kritischen Untersuchung zu unterwerfen. Indem wir diese wichtigen Grundbegriffe feststellen, gewinnen wir den festen Boden, auf welchem wir nachher sicher weiter bauen können, während die gewöhnliche Vernachlässigung der unentbehrlichen Fundamente zu der chaotischen Begriffs-Verwirrung führt, von welcher gegenwärtig unsere Wissenschaft ein so trauriges Bild liefert.

Um zu einer klaren Einsicht in „den innersten Werth des Lebendigen," in den wesentlichen Character der Organismen, der Thiere und Pflanzen, zu gelangen, erscheint es uns am zweckmässigsten, denselben die leblosen Naturkörper, die Anorgane, gegenüber zu stellen, und beide Hauptgruppen von Naturkörpern, lebendige und leblose, hinsichtlich aller allgemeinen Eigenschaften (in chemischer, morphologischer und physikalischer Beziehung) zu vergleichen. Indem wir hierbei sowohl synthetisch die Uebereinstimmungen, als analytisch die Unterschiede beider Körpergruppen hervorheben, werden wir zu einer tieferen Einsicht in die innerste Natur und die gegenseitigen Be-

ziehungen derselben gelangen, als es durch eine blosse Definition der Begriffe möglich ist.

Der Begriff des **Organismus** ruht ursprünglich auf **morphologischer** Basis und bezeichnet einen Naturkörper, welcher aus „Organen" zusammengesetzt ist, d. h. aus Werkzeugen oder ungleichartigen Theilen, welche zum Zwecke des Ganzen vereinigt zusammenwirken. Gegenwärtig haben wir nun zahlreiche „Organismen ohne Organe" kennen gelernt, vor Allen die vollkommen homogenen und structurlosen Plasmakörper oder Moneren (*Protogenes*, *Protamoeba* etc.), ferner viele nächstverwandte einfache Plasmaklumpen, deren einziges discretes Organ eine einfache Schale oder eine contractile Blase ist (z. B. viele Rhizopoden und Protoplasten), sodann viele einzellige Organismen, deren einziges discretes Organ der im Plasma eingeschlossene Zellenkern, und bisweilen noch eine äussere Umhüllungshaut ist (viele Protisten und einzellige Pflanzen etc.) Da Vielen dieser einfachsten Organismen bestimmte morphologische Charactere ganz fehlen, und dieselben zum Theil gar keine, zum Theil nur solche differente geformte Theile besitzen, die kaum den Namen von „Organen" verdienen, so können wir den Begriff des Organismus nur auf **physiologischer** Basis begründen, und nennen demgemäss **Organismen alle jene Naturkörper, welche die eigenthümlichen Bewegungserscheinungen des „Lebens", und namentlich ganz allgemein diejenigen der Ernährung zeigen**[1]). Anorgane dagegen nennen wir alle diejenigen Naturkörper, welche niemals die Function der Ernährung, und auch keine der anderen specifischen „Lebensthätigkeiten" (Fortpflanzung, willkührliche Bewegung, Empfindung) ausüben.

Da nun die Ernährungsthätigkeit der Organismen, gleich allen anderen Lebensfunctionen, ebenso eine unmittelbare Wirkung ihrer materiellen Zusammensetzung ist, wie jede physikalische Eigenschaft eines Anorganes unmittelbar in dessen Materie begründet ist, da überhaupt jede Eigenschaft, Kraft oder Function eines Körpers die unmittelbare Folge seiner materiellen Zusammensetzung und seiner Wechselwirkung mit der umgebenden Materie ist, so werden wir die nachfolgende Vergleichung der Organismen und Anorgane zunächst mit der vergleichenden Betrachtung ihres materiellen Substrates beginnen

---

[1]) Gewöhnlich werden als die allgemeinen Lebensthätigkeiten, welche allen Organismen zukommen, die drei Functionen der Ernährung, des Wachsthums und der Fortpflanzung bezeichnet. Das Wachsthum haben wir hier nicht aufgeführt, weil dasselbe auch gleicherweise den anorganischen Individuen zukommt, und die Fortpflanzung nicht, weil dieselbe vielen (geschlechtslosen) organischen Individuen abgeht.

müssen. Denn lediglich aus den Verschiedenheiten, welche sich in der feineren und gröberen Zusammensetzung der Materie zwischen Organismen und Anorganen zeigen, können wir uns die davon unmittelbar abhängigen Verschiedenheiten in den Formen und Kräften (Functionen) beider Gruppen von Naturkörpern erklären.

Da die Aufgabe des vorliegenden Werkes nur die generelle Morphologie der Organismen ist, so könnte es unnöthig erscheinen, auch die Anorgane hier noch besonders in Betracht zu ziehen und eine Vergleichung zwischen Beiden anzustellen. Indessen hoffen wir, durch diese Vergleichung selbst von dem Gegentheil zu überzeugen. Denn nach unserem Dafürhalten ist gerade die Verkennung der innigen Beziehungen, welche zwischen den leblosen und belebten Naturkörpern überall existiren, vorzugsweise Schuld an der grundfalschen Beurtheilung, welche das Wesen der letzteren gewöhnlich erfahren hat, und an dem teleologisch-vitalistischen Standpunkt, welchen die Mehrzahl der Naturforscher den Organismen gegenüber eingenommen hat. Wie bei den meisten biologischen Untersuchungen, so hat man auch bei Vergleichung der Organismen und Anorgane fast immer von einseitig analytischem Standpunkte aus nur die trennenden Unterschiede beider Gruppen von materiellen Körpern hervorgehoben, und dagegen die verknüpfende Synthese, welche beide Gruppen durch Hervorhebung ihrer übereinstimmenden Charaktere als ein einheitliches grosses materielles Naturganzes darstellt, fast gänzlich vernachlässigt. Wir sind aber zur allseitigen Vergleichung der Organismen und Anorgane hier um so mehr aufgefordert, als die im folgenden Capitel zu besprechende Autogonie nur durch vorurtheilsfreie Würdigung aller Seiten dieses Verhältnisses erklärt werden kann.

Von allen Grenzlinien, durch welche wir bei unseren systematischen Eintheilungs-Versuchen die Naturkörper in natürliche Gruppen zu trennen streben, erscheint keine einzige so scharf, so deutlich, so unübersteiglich, als diejenige, welche wir zwischen den belebten und den leblosen Naturkörpern zu ziehen gewohnt sind. Während die beiden „Reiche“ der Thiere und Pflanzen ganz allmählig in einander überzugehen und durch zahlreiche Zwischenformen unmittelbar verbunden zu sein scheinen, während jede einzelne grössere und kleinere Abtheilung des Thier- und Pflanzen-Reiches mit einer oder mehreren anderen Abtheilungen ebenfalls durch Zwischenformen so verknüpft ist, dass jede scharfe Grenzlinie hier mehr oder weniger gezwungen und künstlich erscheint, so sind dagegen Organismen und Anorgane im allgemeinen Bewusstsein der Menschen so vollkommen von einander geschieden, durch eine so unübersteigliche Kluft von einander getrennt, dass Niemand jemals im concreten Falle darüber in Zweifel sein zu können glaubt, ob der vorliegende Naturkörper als belebter oder als lebloser zu betrachten sei.

Dieser herrschenden Vorstellung gegenüber, welcher es schon überflüssig erscheinen dürfte, den „absoluten“ Unterschied zwischen Organismen und Anorganen überhaupt nur in Frage zu ziehen, erscheint es doppelt nothwendig, hier ausdrücklich darauf hinzuweisen, dass auch diese Unterscheidung nur bis zu einer gewissen Grenze gültig ist. Denn die beiden Gruppen

der leblosen und belebten Naturkörper sind durch keine absolut unausfüllbare Kluft von einander getrennt, und gehören nicht zwei verschiedenen Welten an; die ersten Organismen sind unmittelbar aus Anorganen entstanden. Diese Behauptung lässt sich schon als eine absolut nothwendige Folgerung aus der allgemein angenommenen Kant-Laplace'schen Theorie über die Entstehung der Himmelskörper und der Erde insbesondere ableiten. Denn was sagt diese Theorie Anderes, als dass das Leben auf unserer Erde zu einer bestimmten Zeit zum ersten Male auftrat? Und wenn wir diese erste Entstehung des Lebens auf der Erde nicht der herrschenden Vorstellung gemäss als einen „Schöpfungsakt" ansehen wollen, d. h. als ein „Wunder", welches sich als solches jeder naturwissenschaftlichen Betrachtung entzieht, so müssen wir nothwendig annehmen, dass in jenem Zeitpunkte anorganische Naturkörper zu organischen Verbindungen zusammentraten, dass die „leblose Materie" sich belebte, dass Organismen aus Anorganen sich hervorbildeten. Ein Drittes giebt es nicht.

Wenn nun schon lediglich diese Erwägung uns zu der Behauptung berechtigt, dass der Uebergang aus anorganischen in organische und in wirklich „lebende" Körper thatsächlich zu irgend einer Zeit erfolgt sein muss, so knüpft sich daran weiter die Frage, wie derselbe zu Stande kam, und zugleich die Aufgabe, die Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen von Naturkörpern scharf zu untersuchen. Diese Forderung erscheint um so mehr berechtigt, als offenbar jene trennenden Unterschiede bisher meist allzusehr betont, und dagegen die verknüpfenden gleichen Grundeigenschaften, welche Organismen und Anorgane innig verbinden, gewöhnlich nicht berücksichtigt wurden. Indem wir nun hier nicht bloss analytisch das Unterscheidende, sondern auch synthetisch das Gemeinsame der lebenden und der leblosen Naturkörper hervorheben, so werden wir dadurch alsbald nicht allein den Vortheil haben, den jede allseitige Vergleichung zweier Objecte bietet, dass wir nämlich den Character jedes einzelnen richtiger und vollständiger beurtheilen; sondern wir werden auch zu der äusserst wichtigen Anschauung gelangen, dass lebendige und leblose Natur in ebenso innigem und nothwendigem Zusammenhange stehen, als alle Theile der Natur überhaupt, und dass die gesammte Natur, organische und anorganische, zusammen ein einziges grosses zusammenhängendes Ganzes bildet, welches allenthalben und zu jeder Zeit von denselben einfachen, grossen und ewigen Gesetzen regiert wird.

Da diese nothwendige Vergleichung der Organismen und der Anorgane nur dann von Nutzen sein kann, wenn wir sämmtliche Seiten ihrer körperlichen Erscheinung vergleichend ins Auge fassen, so werden wir uns hier nicht bloss auf die Betrachtung der Form beschränken können, welche schon oben (p. 24) mit Vortheil verglichen wurde, sondern wir werden eben so auch den Stoff, welcher der Form zu Grunde liegt, und die Function, welche derselbe leistet, mit in Betracht ziehen müssen; wir werden uns also aus dem engeren Gebiete der Morphologie einen Ausflug auf das weitere Feld der allgemeinen Biologie und Abiologie (Chemie und Physik mit eingeschlossen), erlauben müssen (vergl. oben p. 21). In erster Linie werden wir dabei die organische und anorganische Materie zu vergleichen

haben, da wir ja die Formen sowohl als die Functionen der Naturkörper lediglich als die unmittelbaren Folgen ihrer eigenen materiellen Zusammensetzung und ihrer Wechselwirkung mit der umgebenden Materie betrachten müssen. Sowohl die elementare Constitution der Materie, als ihre weitere Zusammensetzung durch Verbindung der Elemente, als endlich auch ihr Aggregatzustand sind dabei zu berücksichtigen. Erst wenn wir in allen diesen Beziehungen die Unterschiede sowohl als die Uebereinstimmungen der Materie zwischen den Organismen und Anorganen vorurtheilsfrei geprüft haben, werden wir im Stande sein, die Unterschiede und die Uebereinstimmungen der Formen und Functionen zwischen den Organismen und Anorganen als die nothwendige Wirkung jener materiellen Ursachen zu erkennen, und die differentielle Bedeutung der organischen und anorganischen Materien richtig zu würdigen.

I) 2. Atomistische Zusammensetzung der organischen und anorganischen Materien.

Alle Organismen und alle Anorgane welche unserer wissenschaftlichen Erkenntniss zugänglich sind, zeigen ganz übereinstimmend eine gewisse Summe von ursprünglichen allgemeinen Eigenschaften, welche aller Materie nothwendig inhäriren. Diese generellen Qualitäten der Naturkörper, welche in ganz gleicher Weise sämmtlichen belebten, wie sämmtlichen leblosen Körpern zukommen, sind: Ausdehnung, Undurchdringlichkeit, Theilbarkeit, Ausdehnbarkeit, Zusammendrückbarkeit, Elasticität, Porosität, Trägheit, Schwere etc. Da wir diese allgemeinen Grund-Eigenschaften sämmtlicher Naturkörper als aus der Physik bekannte und allgemein anerkannte Thatsachen voraussetzen müssen, so haben wir nicht nöthig, hier näher darauf einzugehen, und wollen nur, was so oft vergessen wird, ausdrücklich constatiren, dass in allen diesen Beziehungen, in allen allgemeinen Grund-Eigenschaften der Materie nicht der geringste Unterschied zwischen den Organismen und den Anorganen existirt.

Aus diesen allgemeinsten Resultaten der Physik, haben sich die Naturforscher übereinstimmend eine allgemeine Grundanschauung über die primitive Constitution der Materie (organischer und anorganischer) gebildet, welche unter dem Namen der atomistischen Theorie von allen Physikern und Chemikern angenommen ist. Danach besteht die gesammte Materie aus Atomen, d. h. aus kleinsten, discreten, nicht weiter theilbaren Massentheilchen, welche der allgemeinen Massenanziehung, der Schwere unterworfen, sich gegenseitig durch diese Attractions-Kraft oder Cohäsion anziehen. Die allgemeinen Erscheinungen der Wärme, des Aggregatzustandes etc. zwingen ferner zu der Annahme, dass diese letzten unzerlegbaren Massentheilchen durch eine allgemein verbreitete indifferente Materie von nicht wahrnehmbarem Gewichte, den Aether, getrennt sind. Auf den Schwingungen dieses Aethers beruhen die Erscheinungen der Wärme und des Lichtes.

Dieser die Atome rings umgebende und von einander trennende Aether besteht selbst wieder, gleich der Materie, aus discreten Theilchen, welche von den Atomen angezogen werden, sich selbst aber unter einander durch ihre eigene Abstossungskraft oder Repulsivkraft (Expansion) abstossen. Diese atomistische Theorie erklärt in ganz gleicher Weise die allgemeinen Grundeigenschaften der Organismen und der Anorgane. Die fundamentale Constitution der Materie, ihre Zusammensetzung aus Atomen, ist also in sämmtlichen Naturkörpern, leblosen und belebten, dieselbe [1]).

Die mannichfaltigen Unterschiede in der Erscheinung und im Wesen der verschiedenen Naturkörper beruhen theils auf der ununterbrochenen Thätigkeit der allgemeinen Molekularkräfte (der Cohäsion der discreten Atome und der Expansion der discreten, die Atome umhüllenden und trennenden Aethertheilchen), theils auf der qualitativen Verschiedenheit der Atome. Diese letztere anzunehmen werden wir durch die allgemeinsten Resultate der Chemie gezwungen. Indem nämlich die Chemie in ihrem Bestreben, die Materie in ihre einfachsten Bestandtheile zu zerlegen, schliesslich überall eine geringe Zahl von unzerlegbaren, qualitativ verschiedenen Urstoffen oder chemischen Elementen als allgemeine Grundlage der gesammten Materie nachweist, führt sie in Verbindung mit jenen allgemeinsten Resultaten der Physik zu der Annahme, dass die qualitativen Verschiedenheiten der chemisch nicht weiter zerlegbaren Materien bedingt sind durch eine qualitative Verschiedenheit der Atome, welche diese Materien constituiren. Es würden also eben so viele verschiedene Atom-Arten, als chemische Elemente existiren [2]). Da sich die chemischen Elemente in bestimm-

[1]) Dieser jetzt allgemein von den Naturforschern angenommenen atomistischen Theorie, welche bis jetzt allein die sämmtlichen allgemeinen Erscheinungen der Körperwelt zu erklären im Stande ist, haben zwar viele speculative Philosophen unter dem Namen der dynamischen Theorie eine (übrigens mehrfach modificirte) andere Ansicht von der fundamentalen Constitution der Materie entgegengesetzt, wonach dieselbe nur aus widerstrebenden Kräften zusammengesetzt ist. Doch hat diese nicht zu einer allgemeinen Anerkennung gelangen können, weil sie eine grössere Anzahl von Thatsachen nicht erklärt, und anderen unmittelbar widerspricht.

[2]) Die Hypothese, dass die qualitative Verschiedenheit der chemischen Elemente, der durch die chemische Analyse nicht weiter zerlegbaren Grundstoffe, bedingt sei durch eine qualitative Verschiedenheit der Massen-Atome, welche die Elemente constituiren, ist von den Chemikern jetzt fast allgemein angenommen. Dieser Hypothese steht eine zweite, bisher noch wenig beachtete, unseres Erachtens aber richtigere Hypothese gegenüber, welche behauptet, dass es nur zweierlei Arten von Atomen giebt, Massen-Atome und Aether-Atome, und dass die Verschiedenheit der chemischen Elemente bedingt ist durch die verschiedenartige Zahl der gleichartigen Massen-Atome, welche zu verschiedenen Gruppen zusammentreten. Danach wäre also jedes sogenannte Atom eines

ten Gewichtsverhältnissen mit einander verbinden, so muss das Gewicht der verschiedenen Atom-Arten ein verschiedenes sein. Da nun diese qualitative Differenz der Atom-Arten und der aus ihnen zusammengesetzten chemischen Elemente die ganze Mannichfaltigkeit in den Naturkörpern bedingt, so drängt sich hier zunächst die Frage auf, ob in den Organismen andere Atom-Arten, d. h. andere chemische Elemente vorkommen, als in den Anorganen. Als negative Antwort hierauf haben wir hier zunächst das hochwichtige Gesetz hervorzuheben, dass **alle chemischen Elemente, welche den Körper der Organismen zusammensetzen, auch in der anorganischen Natur vorkommen.** Es giebt keinen unzerlegbaren Grundstoff in irgend einem Organismus, welcher nicht auch ausserhalb desselben als lebloser Naturkörper, als Anorgan, oder als Bestandtheil eines solchen auftritt.

Diese Thatsache ist zwar allbekannt, wird aber in ihrer ganzen Tragweite insofern meist nicht gehörig gewürdigt, als man daraus ge-

---

Elementes nichts Anderes, als eine Summe von Massen-Atomen, welche, jedes von einer Aether-Hülle (wie von einer Atmosphäre) umgeben, **in bestimmter Zahl und zu einer bestimmten Gruppe verbunden sind.** Für jedes Element wäre die Zahl, in welcher sich die Atome zu einer Gruppe verbinden, characteristisch und unveränderlich. Wenn gleiche Atom-Gruppen mit gleichen Aetherhüllen zusammentreten, so bilden sie einen Gruppenbau, den wir einen einfachen chemischen Körper (Element) nennen. „So viele verschiedene Gruppen es also giebt, so viele verschiedene Elemente, und der ursprünglich einzige Unterschied der Elemente besteht in der verschiedenen Anzahl der Massenatome in ihren Gruppen. **Es giebt demnach in der Natur (als Körperwelt) zwei Materien, welche aus Atomen bestehen; diese Materien heissen Masse und Aether. Jedes Atom der Masse zieht alle übrigen Atome an; jedes Atom des Aethers stösst alle übrigen Atome ab. Anziehung und Abstossung erfolgen nach dem Newton'schen Gesetze**". Es wächst also sowohl die Anziehung der Massen-Atome, als die Abstossung der Aether-Atome, in demselben Verhältnisse, in welchem die Anzahl der Atome zunimmt, und in welchem das Quadrat der Entfernung abnimmt. Die Aether-Atome und die Massen-Atome sind wahrscheinlich gleich grosse Kugeln, von sehr geringer Grösse. Die Zahl der Atome beider Materien ist unendlich gross, wie der Weltraum, welchen sie erfüllen. Die nähere Begründung dieser wichtigen Hypothese ist nachzusehen in der geistvollen kleinen Schrift von H. **Wiechmann**: Ueber den Bau der einfachen Körper. Eine Hypothese zur Erklärung der wichtigsten Naturerscheinungen. Oldenburg 1864; und in der dort citirten Schrift von C. **Hullmann**: das Grundgesetz der Materie. Oldenburg 1863. Es ist klar, dass diese Hypothese dem einfachen monistischen Grundcharacter der ganzen Natur weit besser entspricht, als die gegenwärtig herrschende Hypothese von der ursprünglich verschiedenen Qualität der Massen-Atome in den verschiedenen Elementen. Wir glauben, dass in derselben die erste Grundlage des monistischen kosmologischen Systems zu finden ist. Uebrigens ist sie zunächst für die uns hier vorliegende Frage gleichgültig, weil ja die Identität der Elemente in den Organismen und Anorganen (mögen nun die Elemente aus einfachen oder zusammengesetzten Atomen bestehen) empirisch bewiesen ist.

wöhnlich nicht den sich unmittelbar ergebenden Schluss zieht, dass bei der qualitativen Identität der Elementarstoffe, welche die Anorgane und die Organismen zusammensetzen, auch die fundamentalen Kräfte oder Functionen in beiden Klassen von Naturkörpern nicht qualitativ verschieden sein werden. Aus der Nichtexistenz eines besonderen Lebensstoffes wird daher der Monismus schon die Nichtexistenz einer besonderen Lebenskraft folgern müssen. Wie man nun in Folge unserer vorgeschrittenen chemischen Kenntnisse die frühere Annahme, dass besondere den Organismen eigenthümliche und ausserhalb derselben nicht vorkommende chemische Elemente, besondere „Lebensstoffe“, die organischen Körper zusammensetzen und deren Lebenserscheinungen zu Grunde liegen, jetzt allgemein verlassen hat, so wird man ebenso nothwendig die auf gleich unvollständige Erkenntniss gegründete Hypothese fallen lassen müssen, dass es besondere „Lebenskräfte“ sind, welche die Formen, wie die Functionen der Organismen bedingen.

Von den unzerlegbaren chemischen Elementen, welche bis jetzt auf unserer Erde gefunden worden sind, und deren Zahl sich bereits auf mehr als sechzig beläuft, ist nur ungefähr der dritte Theil im Körper der Organismen aufgefunden. Und von diesen ungefähr zwanzig chemischen Elementarstoffen ist es wiederum nur etwa die Hälfte, welche allgemein verbreitet und in grösserer Menge in den organischen Körpern vorkommt. Bekanntlich sind es vor Allen die vier Elemente: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff, die vorzugsweise die sogenannten organischen Verbindungen im engeren Sinne zusammensetzen, und die man desshalb auch als „Organogene“ besonders hervorgehoben hat. An der Spitze derselben steht der Kohlenstoff, dessen merkwürdige physikalische und chemische Eigenthümlichkeiten wir als die letzte Ursache aller der eigenthümlichen Functionen und Formen zu betrachten haben, welche die Organismen vor den Anorganen auszeichnen. An diese vier organogenen Elemente schliesst sich dann zunächst Schwefel und Phosphor an. Von den übrigen Elementen sind Chlor, Kalium, Natrium, Calcium und demnächst Eisen und Kiesel am weitesten verbreitet. Viel seltener und meist nur i[illegible] sehr kleinen Quantitäten kommen Jod, Brom, Fluor, Magnium, Al[illegible]minium, Manganium, Strontium, Lithium und einige andere seltene U[illegible]stoffe in den Organismen vor.

I) 3. Verbindungen der Elemente zu organischen und anorganischen Materien.

Nachdem die Chemie nachgewiesen hatte, dass alle chemis[illegible] Grundstoffe oder Elemente, welche den Körper der Organismen[illegible] sam[illegible]etzen, sich auch ausserhalb desselben, in der anorgani[illegible] N[illegible]rfinden, dass mithin kein besonderes „organisches Ele[illegible]

existirt, glaubte man in der Art und Weise des Zusammentritts der Elemente zu zusammengesetzten Verbindungen einen absoluten Unterschied zwischen Organismen und Anorganen aufstellen zu können. Besondere Gesetze des „Lebens" sollten die Vereinigung der Elemente innerhalb des Organismus regeln, und die mystische „Lebenskraft" sollte die Elemente zum Eingehen von Verbindungen zwingen, welche ausserhalb des lebendigen Körpers nie sollten zu Stande kommen können. Diese irrthümliche Vorstellung, welche vorzüglich durch die Autoritäten von Berzelius und Johannes Müller in der Biologie zu sehr allgemeinem Ansehen gelangte, hat solchen Einfluss auf die allgemeine Beurtheilung der Organismen gewonnen, und behauptet denselben theilweis noch heute, dass wir dieselbe hier ausdrücklich als einen Irrthum bezeichnen müssen, der durch die neuere Chemie definitiv widerlegt ist.

Vollkommen richtig ist es, dass diejenigen eigenthümlichen Formen und Functionen, welche die Organismen von den Anorganen unterscheiden, einzig und allein die nothwendige Wirkung sind von den eigenthümlichen Verbindungen, welche die Elemente im Körper der Organismen eingehen, und welche man allgemein als „organische" Materien zusammenfasst. Vollkommen falsch aber ist es, wenn man diese eigenthümlichen „organischen Verbindungen" von etwas Anderem ableitet, als von der chemischen Wahlverwandtschaft der Elemente, welche in allen Fällen, selbstständig, vermöge der ihren Atomen unzertrennlich innewohnenden Kräfte, diese Verbindungen activ schaffen. Es existirt also auch in dieser Beziehung durchaus kein Unterschied zwischen den leblosen und den belebten Naturkörpern. Wie wir in der leblosen Natur die gewöhnlich einfacheren, sogenannten „anorganischen Verbindungen" lediglich durch die ureigenen Kräfte der Elemente, nach den unabänderlichen und ewigen Gesetzen der chemischen Wahlverwandtschaft, entstehen sehen, so erkennen wir eben so bestimmt, dass innerhalb der lebendigen Körper die gewöhnlich verwickelteren, sogenannten „organischen Verbindungen" lediglich nach denselben Gesetzen der chemischen Affinität, mit absoluter Nothwendigkeit, entstehen und vergehen.

Der einzige Unterschied, welcher in der chemischen Zusammensetzung der Organismen und Anorgane gefunden werden kann, besteht darin, dass in allen Organismen neben den einfacheren Verbindungen der Elemente, die allenthalben auch in der leblosen Natur vorkommen (Wasser, Kohlensäure etc.), eine Anzahl von verwickelteren Verbindungen des Kohlenstoffs (und namentlich allgemein gewisse Eiweisskörper) sich finden, welche gewöhnlich in der anorganischen Natur sich nicht zu bilden scheinen. Diese Verbindungen verdanken aber ihre Existenz nicht einer besonderen Lebenskraft, sondern den

eigenthümlichen und äusserst verwickelten Verwandtschaftsbeziehungen des Kohlenstoffs zu den meisten übrigen Elementen. Vielleicht mit allen anderen Elementen, vorzüglich aber mit den drei Elementen: Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, vermag der Kohlenstoff eine endlose Reihe von äusserst verwickelten Verbindungen einzugehen, welche zum grössten Theil durchaus ohne Analogon unter den kohlenstofflosen Verbindungen dastehen. Wir müssen also die chemische und physikalische Natur des Kohlenstoffs und vor Allem seine in ihrer Art einzige Fähigkeit, mit anderen Elementen höchst complicirte Verbindungen einzugehen, als die erste und letzte, als die einzige Ursache aller derjenigen Eigenthümlichkeiten ansehen, welche die sogenannten organischen Verbindungen von den anorganischen unterscheiden.

Es würde desshalb richtiger sein die „organischen Verbindungen" concreter als „Kohlenstoff-Verbindungen" zu bezeichnen, wie man die „organische Chemie" neuerdings richtiger die „Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen" genannt hat. Nur darf dabei nicht vergessen werden, dass, wie der reine Kohlenstoff selbst (als Diamant, Graphit), so auch einfachere Kohlenstoff-Verbindungen in der anorganischen Natur, ausserhalb der Organismen, weit verbreitet vorkommen, wie vor Allem die Kohlensäure, das Kohlenoxyd, einzelne Kohlenwasserstoffe u. s. w. Andererseits darf ebenso wenig vergessen werden, dass in allen Organismen ohne Ausnahme neben jenen „organischen", d. h. verwickelteren Kohlenstoff-Verbindungen, auch noch einfachere Kohlenstoff-Verbindungen und nicht kohlenstoffhaltige Verbindungen der Elemente, also sogenannte „anorganische" Verbindungen vorkommen (Wasser, Kohlensäure, Kochsalz etc.)

Die wesentlichsten Unterschiede in der Zusammensetzung der organischen und anorganischen Verbindungen glaubte man früher darin zu finden, dass in der anorganischen Natur sich nur „binäre" Verbindungen bilden, indem zunächst immer nur zwei Elemente zusammentreten, z. B. Kohlenstoff und Sauerstoff zur Kohlensäure, oder Wasserstoff und Stickstoff zum Ammoniak; eine solche einfache binäre Verbindung kann sich dann weiter mit einer anderen einfachen binären Verbindung zu einer zusammengesetzten binären Verbindung vereinigen, z. B. Kohlensäure und Ammoniak zum kohlensauren Ammoniak u. s. w. Dagegen sollten sogenannte „ternäre und quaternäre" Verbindungen, in welchen drei oder vier Elemente unmittelbar zu einer complexeren Verbindung zusammentreten, (z. B. Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff zu dem quaternären Harnstoff) ausschliesslich nur unter dem Einflusse des Lebens zu Stande kommen und niemals in der anorganischen Natur sich bilden. Als weiterer wesentlicher Unterschied zwischen diesen beiden Verbindungsgruppen wurde dann ferner gewöhnlich noch angeführt, dass die Mischungsgewichte in den ternären und quaternären „organischen" Verbindungen im Allgemeinen weit höhere und ihre Zahlen-

verhältnisse meist complicirtere sind, als dies in den binären „anorganischen" Verbindungen gewöhnlich der Fall ist.

So wesentlich nun gewiss diese gradweise, relative Differenz in der atomistischen Constitution vieler organischen und anorganischen Verbindungen für die Erklärung ihrer functionellen Differenzen ist, so hat man doch auch diesen Unterschied einseitig übertrieben. Zunächst ist hier erstens als sehr wesentlich hervorzuheben, dass kein Organismus lediglich aus den complicirteren „ternären und quaternären" Kohlenstoff-Verbindungen (Eiweiss, Fett etc.) besteht, dass vielmehr stets auch neben diesen noch einfache „binäre" Verbindungen vorhanden sind, Wasser, Kohlensäure, gewisse Salze etc. Jeder Organismus ohne Ausnahme erscheint in dieser Beziehung als ein Complex von einfachen (binären) „anorganischen" und complicirten (ternären oder quaternären) „organischen" Verbindungen. Die wesentlichsten Eigenthümlichkeiten der letzteren sind aber im Grunde nur abhängig von der ausgezeichneten Fähigkeit des Kohlenstoffes (des „organischen" Elements κατ' ἐξοχήν), sich in den verschiedensten Verhältnissen mit anderen Elementen zu verbinden. Diese in ihrer Art einzige Eigenschaft des Kohlenstoffes müssen wir als die Grundlage aller Eigenthümlichkeiten der sogenannten organischen Verbindungen bezeichnen.

Grosses Gewicht legte man früher darauf, dass diese characteristischen Kohlenstoff-Verbindungen sich ausschliesslich nur in den Organismen „unter dem Einfluss des Lebens" bilden könnten und dass niemals dergleichen durch Combination binärer Verbindungen künstlich in unseren Laboratorien herzustellen seien. Zuerst wurde dieses Dogma 1828 von Wöhler widerlegt, welcher auf rein künstlichem Wege Harnstoff (statt cyansauren Ammoniaks) aus den „anorganischen" Elementen (aus Cyan- und Ammoniak-Verbindungen) herstellte. In neuester Zeit hat man jedoch in dieser Beziehung so weite Fortschritte gemacht, und so viele „rein organische" complicirte Kohlenstoff-Verbindungen, Alkohol, Essigsäure, Ameisensäure etc. auf „rein anorganischem" Wege künstlich hergestellt, dass bald nur noch die höchststehende und complicirteste Gruppe der Eiweisskörper dieser künstlichen Synthese Schwierigkeiten in den Weg legen wird, Schwierigkeiten, welche die weiteren Fortschritte der Chemie zweifelsohne überwinden werden. Schon heute dürfen wir also sagen, dass ein sehr grosser Theil der complicirteren Kohlenstoff-Verbindungen, der „ternären und quaternären" Atomcomplexe, nicht ausschliesslich nur im Organismus entsteht, sondern ebenso auch künstlich, mit Ausschluss jeder Lebensthätigkeit, in unseren Laboratorien dargestellt werden kann, gleich den einfachsten („binären") anorganischen Verbindungen. Dieses Resultat ist aber desshalb für uns von äusserster Wichtigkeit, weil daraus hervorgeht, dass auch in der Natur, unter ähnlichen Bedingungen, wie wir sie in unseren Laboratorien künstlich herstellen, unbelebte anorganische Materien zur Bildung lebensfähiger organischer Stoffe, „binäre" Verbindungen und einfache Elemente zur Bildung „ternärer und quaternärer" Verbindungen zusammentreten können, eine Möglichkeit, welche für die Theorie von der Autogonie, einer Form der Generatio spontanea, die unentbehrliche Grundlage ist.

Als sehr wesentlicher Unterschied zwischen den anorganischen und den

organischen Materien wurde früherhin oftmals hervorgehoben, dass die letzteren, dem Einflusse des Lebens entzogen, alsbald „faulen“, sich „spontan zersetzen“, während die ersteren dieses nicht thun. Allerdings ist es richtig, dass die meisten verwickelteren Kohlenstoff-Verbindungen längere oder kürzere Zeit nach dem Tode des Organismus „verfaulen“, sich unter Fäulniss zersetzen und in die einfacheren binären Verbindungen auflösen. Indess gilt dies erstens nicht von allen, und zweitens sagt diese Thatsache weiter nichts aus, als dass diese faulenden organischen Substanzen, ihrer natürlichen Wahlverwandtschaft gemäss, Zersetzungsprocesse und Verbindungen mit den umgebenden Medien (Sauerstoff der atmosphärischen Luft, des Wassers etc.) eingehen, an deren Eintritt sie während des Lebens durch die stärkeren anderweitigen Wahlverwandtschaften gehindert wurden, welche die eingeführten Nahrungsmittel ausübten. Ganz ebenso wie die meisten organischen Verbindungen zersetzen sich an der Luft oder im Wasser auch viele anorganische Verbindungen, welche „verwittern“, wie z. B. viele Salze.

Fassen wir die allgemeinsten und wichtigsten Resultate, welche uns diese Vergleichung der organischen und anorganischen Verbindungen liefert, kurz zusammen, so kommen wir zu folgenden, wichtigen Resultaten: Sämmtliche in den Organismen vorkommende chemische Elemente kommen auch ausserhalb in der anorganischen Natur vor. In sämmtlichen Organismen kommen sowohl einfache (binäre) Verbindungen dieser Elemente vor, wie in den Anorganen, als auch daneben zusammengesetztere Kohlenstoff-Verbindungen (ternäre und quaternäre Verbindungen), welche der Kohlenstoff gewöhnlich in der anorganischen Natur nicht zu bilden scheint. Dass dieselben jedoch sich hier ebenfalls, ohne jeden Einfluss des „Lebens“, bilden können, geht daraus hervor, dass wir dieselben rein künstlich aus einfacheren Verbindungen und Elementen zusammensetzen können. Die Fäulniss der Organismen ist ein einfacher Zersetzungsprocess und erfolgt nach den Gesetzen der chemischen Wahlverwandtschaft, welche die gesammte organische und anorganische Materie gleicherweise unbedingt beherrschen.

I) 4. Aggregatzustände der organischen und anorganischen Materien.

Unter Aggregatzustand der Naturkörper verstehen wir den **Grad der Entfernung und der dadurch bedingten relativen Beweglichkeit ihrer Massen-Atome.** Die Differenzen der Aggregatzustände beruhen lediglich auf der Verschiedenheit der Entfernungen der Atome von einander, welche durch die Wechselwirkung zwischen der Cohäsions-Kraft der Atome und der Expansions-Kraft der Aetherheilchen modificirt werden. Bei den anorganischen Naturkörpern ist bekanntlich eine dreifache Differenz in dieser Beziehung möglich, und man unterscheidet demgemäss bei diesen drei Aggregatzustände, den festen, tropfbaren und gasförmigen.

Der feste Aggregatzustand kommt allen geformten Anorganen ohne Ausnahme zu. Hier liegen die Atome in solcher Nähe bei einander,

dass die Cohäsion der Massen-Atome über die Expansion der Aethertheilchen überwiegt. Folge davon ist, dass die gegenseitige Lagerung der Atome stets dieselbe bleibt und dass sie nur bis zu einer gewissen Grenze sich von einander entfernen können (z. B. bei Ausdehnung durch Erwärmung) ohne den festen Aggregatzustand zu verlassen. Die Atome haben hier ein stabiles Gleichgewicht. Der Character der festen Körper liegt also darin, dass ihr Volum nur innerhalb enger Grenzen veränderlich ist und dass sie eine selbstständige bleibende Gestalt haben.

Beim tropfbaren oder flüssigen (tropfbar-flüssigen) Aggregatzustand liegen die Atome in solcher Entfernung von einander, dass die Cohäsion und Expansion sich das Gleichgewicht halten. Die Atome haben daher hier ein labiles Gleichgewicht, und können bei jeder Störung desselben ihre gegenseitige Lagerung nach allen Richtungen hin frei verändern. Der Character der tropfbar-flüssigen Körper liegt also darin, dass ihr Volum ebenfalls nur innerhalb enger Grenzen veränderlich ist, dass sie aber keine selbstständige Gestalt haben. In ein Gefäss eingeschlossen, nehmen die Flüssigkeiten die Form dieses Gefässes an, und wenn sie dieses nicht ganz erfüllen, bildet ihre Oberfläche eine horizontale Ebene. Dagegen nimmt jede Flüssigkeit, eingeschlossen in eine andere, damit nicht mischbare Flüssigkeit vom gleichen specifischen Gewicht, z. B. Oel in einem gleich schweren Gemenge von Weingeist und Wasser, selbstständig und bleibend die Kugelform an.

Der gasförmige oder luftförmige (elastisch-flüssige) Aggregatzustand endlich ist dadurch ausgezeichnet, dass in Folge grösserer Entfernung der Atome von einander die Expansion über die Cohäsion überwiegt. Die Aethertheilchen sind stärker als die Atome, und da sie sich gegenseitig abstossen, strebt die Materie, sich ins Unendliche auszudehnen. Durch diese Expansionskraft der Gase ist deren Character bedingt, sich soweit auszudehnen, als es die Begrenzung durch benachbarte feste oder flüssige Körper erlaubt. Die Atome können sich hier ohne Grenze von einander entfernen. Das Volum der Gase ist daher in den weitesten Grenzen veränderlich und eine selbstständige Form niemals vorhanden.

Da die Wärme eine Bewegung des Aethers ist, so erklärt es sich, wie die Anorgane unter verschiedenen Wärme-Graden alle drei Aggregatzustände annehmen können. Ist die Wärme-Bewegung des Aethers so gering, dass sie die Atome nicht von einander zu entfernen vermag, so ist der Körper fest. Wenn jene Bewegung stärker wird, so dass sie die Atome bis zu einer bestimmten Grenze, welche den Wirkungskreis der gegenseitigen Anziehung der Atome nicht überschreitet, auseinander zu treiben vermag, so wird der Körper flüssig. Wird endlich die Bewegung der Aethertheilchen, die wir Wärme nennen, so stark, dass die Atome über jene Grenze hinaus von einander entfernt und nun ins Unendliche auseinander gestossen werden, so wird der Körper gasförmig.

Vergleichen wir mit diesen drei bestimmten und stets leicht erkennbaren Aggregatzuständen der Anorgane diejenigen der Organismen, so haben wir zunächst zu constatiren, dass alle drei Aggregat-

zustände in Theilen des Körpers vieler Organismen eben so rein, wie in den Anorganen vorkommen, und dass einer davon, nämlich der flüssige, in allen lebenden Organismen ohne Ausnahme allgemein verbreitet ist. Die eigenthümlichen Bewegungs-Erscheinungen, welche wir unter dem Collectivnamen des Lebens zusammenfassen, können nur durch Mitwirkung dieses Aggregatzustandes zu Stande kommen und wir können daher den tropfbar flüssigen Zustand mindestens eines Theils der Materie als ein für alle Organismen nothwendiges Erforderniss bezeichnen. Die Hohlräume, welche diese für den Transport der Theilchen beim Stoffwechsel unentbehrlichen Flüssigkeiten einschliessen, sind theils (bei den höheren Thieren) besondere Gefässe (Blutgefässe, Wassergefässe, Leibeshöhle etc., theils wandungslose Hohlräume zwischen den Elementartheilen und im Inneren derselben (Vacuolen in den Plastiden etc.). Ausser dem rein tropfbaren kommt nun ferner auch der feste und der gasförmige Aggregatzustand vollkommen rein im Körper vieler (nicht aller!) Organismen vor. Zu den absolut festen Theilen der Organismen können wir z. B. die Otolithen im Gehörorgan, ferner die reinen Kieselskelete und die Skelete aus kohlensaurem Kalke rechnen, welche bei vielen wirbellosen Thieren, sowie die Krystalle, welche sich in vielen Pflanzen vorfinden. Ebenso kommen Gase in elastisch-flüssiger Form (nicht aufgelöst) im Körper vieler Organismen vor, entweder mit der Aussenwelt unmittelbar communicirend (z. B. in den Lungen, Luftröhren, in den pneumatischen Knochenhöhlen der Vögel etc.) oder in besonderen Räumen abgeschlossen (z. B. in der Luftblase der Siphonophoren, der Schwimmblase vieler Fische, den Gefässen derPflanzen etc.)

Ausser diesen drei Aggregatzuständen, welche also in belebten, wie in leblosen Naturkörpern gleicherweise vorkommen, zeichnen sich nun aber die Organismen noch durch einen vierten Aggregatzustand aus, welcher einem Theile der Kohlenstoff-Verbindungen ausschliesslich eigenthümlich ist und in den Anorganen nicht vorkommt, und welchen wir als festflüssigen oder gequollenen Aggregatzustand bezeichnen können. Es bildet dieser Zustand, wie schon der Name sagt, eine eigenthümliche Mittelbildung zwischen dem festen und flüssigen Zustand und ist in der That aus einer Verbindung beider hervorgegangen. Er kömmt dadurch zu Stande, dass Flüssigkeit in bestimmter (innerhalb gewisser Grenzen eingeschlossener) Quantität zwischen die Moleküle eines festen Körpers (einer Kohlenstoff-Verbindung) eindringt und dessen Intermolekularräume erfüllt. Diese Zwischenräume sind in denjenigen organischen Materien, welche einer solchen Flüssigkeitsaufnahme (Quellung oder Imbibition) fähig sind, offenbar von anderer Beschaffenheit, als bei denjenigen einfacheren organischen Verbindungen, welche, gleich allen anorganischen Verbindungen,

nicht Flüssigkeit zwischen ihre Moleküle aufnehmen können, ohne selbst flüssig zu werden. Wahrscheinlich steht diese Fähigkeit im engsten Causal-Zusammenhang mit der complicirten Gruppirung der Atome in den betreffenden Kohlenstoff-Verbindungen. Denn gerade diejenigen organischen Materien, welche in diesen Beziehungen sich am weitesten von den Anorganen entfernen, sind es, welche den festflüssigen Aggregatzustand in der grössten Ausdehnung annehmen können. Gerade diese höchst complicirt und locker zusammengesetzten, leicht zersetzbaren Kohlenstoff-Verbindungen, vor Allen die Eiweissstoffe und deren Derivate, sind es aber auch, welche die complicirtesten Lebenserscheinungen vermitteln, und da diese Kohlenstoff-Verbindungen, als die eigentlichen activen, organogenen Stoffe in keinem Organismus fehlen, so finden wir auch den für sie charakteristischen gequollenen Aggregatzustand in allen Organismen ohne Ausnahme vor.

Die allgemeinen physikalischen Eigenschaften, welche die organische Materie durch die Quellung oder Imbibition erhält, sind für die Erklärung der Lebens-Erscheinungen von äusserster Wichtigkeit. Indem nämlich die festflüssigen oder gequollenen Materien gewisse Eigenthümlichkeiten des festen und des flüssigen Aggregatzustandes in sich vereinigen, indem sie Festigkeit mit einem bedeutenderen Grade von Formveränderlichkeit, Härte mit einem eigenthümlichen Grade von Weichheit verbinden, wird schon hieraus klar, warum die Functionen der organischen Materien weit differenzirter und complicirter sein können, als dies bei dem einfachen Aggregatzustand der Anorgane jemals der Fall sein kann.

Die wichtigsten aller sogenannten Lebenserscheinungen, und gerade diejenigen Functionen der organischen Körper, welche man gewöhnlich als die characteristischen Leistungen des Lebens zu bezeichnen pflegt, sind nur möglich dadurch, dass die Materie, von welcher sie ausgehen, sich wenigstens theilweis im vierten, im festflüssigen Aggregatzustande befindet. Die sogenannten „animalen" Kräfte der Empfindung und Bewegung, welche von der Nerven- und Muskel-Substanz ausgehen, wie die sogenannten „vegetativen" Kräfte der Ernährung und Fortpflanzung, welche den verschiedensten Substanzen der Organismen inhäriren, sind ohne den festflüssigen Aggregatzustand ihres materiellen Substrates gar nicht denkbar. Gerade die eigenthümliche Verbindung von Festigkeit und Flüssigkeit, von Härte und Weiche, von Starrheit und Beweglichkeit, welche durch die Imbibition gegeben wird, bedingt und ermöglicht die complicirteren Molecularbewegungen, welche den angeführten organischen Processen zu Grunde liegen. Aus diesen Gründen können wir den Quellungszustand der lebenden Materien gar nicht hoch genug anschlagen, und werden befugt sein, in diesem festflüssigen Aggregatzustande der meisten Kohlen-

stoff-Verbindungen, gleichwie in ihrer complicirteren Zusammensetzung aus verwickelten Atomgruppen (welche wahrscheinlich eng mit der Quellungsfähigkeit zusammenhängt) eine der wichtigsten Grundursachen des Lebens zu finden. Es wird daher zur Begründung unserer monistischen Lebens-Beurtheilung hier gestattet sein, bei dem Fundamental-Phaenomen der Imbibition noch etwas zu verweilen, zumal auch für die Form der Organismen dieser vierte Aggregatzustand von der grössten Bedeutung ist.

Da eine eigentliche Quellung oder Imbibition bei den Anorganen niemals vorkommt, so entsteht die Frage, ob hier ähnliche Modificationen der ersten drei Aggregatzustände vorkommen, welche der Imbibition in einigen Beziehungen gleichen. Hier tritt uns nun einerseits das Phaenomen der Tränkung oder Durchfeuchtung (Humidation), andererseits die Erscheinung der Lösung oder Auflösung (Solution) entgegen. Bei der Durchfeuchtung oder Humidation sehen wir Flüssigkeit in die Poren fester Körper eindringen, ohne dass eine wirkliche Imbibition und Quellung derselben stattfindet. Das ist z. B. der Fall bei Steinen (und zwar nicht nur bei auffallend „porösen", sondern auch bei den scheinbar dichtesten und festesten Gesteinarten), welche längere Zeit auf dem Grunde des Meeres gelegen haben. So wenig diese Durchfeuchtung den festen Aggregatzustand der Anorgane und damit ihr Volum zu ändern vermag, so wenig werden diese geändert, wenn die beträchtliche Menge der eingedrungenen Flüssigkeit durch Austrocknen wieder entfernt wird. Niemals kann daher auch die vollständigste Durchfeuchtung eine solche Beweglichkeit der Moleküle und damit eine solche Formveränderlichkeit der festen Körper herbeiführen, wie sie durch die Quellung gegeben wird. Andererseits aber ist hervorzuheben, dass bei den organischen Körpertheilen zwischen den höchsten Graden der Durchfeuchtung und den niedersten Graden der Quellung ein ganz allmähliger und unmerklicher Uebergang stattfindet, und wir können diesen Uebergang oft an einem und demselben Theile eines Organismus in continuo verfolgen. Insbesondere ist in dieser Beziehung eine Vergleichung continuirlich zusammenhängender Skelettheile von Interesse, und zwar gilt dies sowohl von den inneren, der Bindegewebsgruppe angehörigen Skelettheilen der Wirbelthiere, als von den äusseren, zu den Chitinausscheidungen zu rechnenden Skelettheilen der Gliederthiere. Der Aggregatzustand eines Knochens, (und zwar speciell der Intercellular- oder Grundsubstanz des Knochens, die hier zunächst in Frage kommt) ist an sich, als solcher, (abgesehen natürlich von den feineren Structurdifferenzen), nicht zu unterscheiden von dem festen Aggregatzustande vollkommen durchfeuchteter Mineralien, (z. B. Sandstein, Kalkstein), die lange in Wasser gelegen haben. Und dennoch geht dieser unzweifelhaft „feste" Aggregatzustand eines Knochens durch eine Reihenfolge der feinsten Uebergangsstufen ganz allmählig in den unzweifelhaft „festflüssigen", d. h. gequollenen Zustand des Knorpels, der Sehne u. s. w. über. In gleicher Weise sind die unzweifelhaft „festen" und bloss durchfeuchteten Chitindecken z. B. der Abdominalsegmente von Insecten durch eine ganz allmählige Stufenfolge der unmerk-

lichsten Uebergänge des Aggregatzustandes mit den unzweifelhaft „festflüssigen" oder imbibirten weicheren intersegmentalen Chitindecken verbunden, welche jene Segmente unter einander verbinden. Hieraus ergiebt sich also das wichtige Gesetz, dass der festflüssige Aggregatzustand organischer Körpertheile ganz untrennbar in den festen übergeht.

Wie nun auf der einen Seite organische Körpertheile mit dem geringsten Grade der Quellungsfähigkeit nicht von den vollkommen durchfeuchteten festen Anorganen zu trennen sind, so finden wir es auf der anderen Seite nicht möglich, eine scharfe Grenze zu ziehen zwischen den flüssigen Lösungen der festen Anorgane und den organischen Körpertheilen mit dem höchsten Grade der Imbibitionsfähigkeit. Bei der Lösung oder Solution der festen Anorgane sehen wir, wie bei der Humidation, Flüssigkeit in die Poren des festen Körpers eindringen; nur ist die relative Quantität der Flüssigkeit eine sehr viel grössere und sogar eine unbegrenzte. Es wird nämlich bei der Solution so viel Fluidum in die Poren aufgenommen, und es werden dadurch die Moleküle soweit von einander entfernt, dass das Uebergewicht der Cohäsion über die Expansion überwunden wird, und dass der feste Aggregatzustand vernichtet und in den flüssigen selbst übergeführt wird. Der wesentliche Unterschied zwischen der Lösung und den höchsten Graden der Imbibition lässt sich dahin bestimmen, dass jeder quellungsfähige Körper ein Quellungsmaximum hat, eine Grenze, über welche hinaus kein Wasser mehr in die Poren aufgenommen wird. Die Verdünnungsfähigkeit der Lösungen dagegen ist unbegrenzt. Da nun die festen und löslichen Anorgane kein Imbibitions-Maximum besitzen, so nehmen sie immer so lange Wasser auf, bis sie in den flüssigen Zustand übergegangen sind. Andererseits aber ist hervorzuheben, dass bei den organischen Körpertheilen wiederum ein ganz allmähliger und unmerklicher Uebergang sich findet zwischen den höchsten Graden der Quellung und den niedersten Graden der Tropfbarkeit einer concentrirten und zähflüssigen Solution. Schon die äusserst verschiedenen Consistenz-Grade des eiweissartigen Plasma in den verschiedenen Zellen liefern hierfür den Beweis. In grossem Maassstabe ist dasselbe am auffallendsten zu beobachten an dem sogenannten „Gallert-Gewebe" der Coelenteraten, sowohl bei vielen Hydromedusen, als insbesondere bei den Ctenophoren. Bei einigen der letzteren geht die Imbibitionsfähigkeit des äusserst weichen und wasserreichen Gewebes (und zwar speciell der Zwischensubstanz des gallertigen Bindegewebes) so weit, dass dasselbe in der That tropfbar flüssig wird, während dasselbe Gallertgewebe andererseits durch zahlreiche Zwischenstufen mit der viel weniger stark imbibirten Zwischensubstanz des festeren (oft knorpelharten) Bindegewebes continuirlich zusammenhängt. Sehr instructiv sind für diese Vergleichung ferner die eigenthümlichen, pathologisch beim Menschen (z. B. bei Cystenbildung im Eierstock) so oft vorkommenden Colloidsubstanzen oder Gallertmassen, deren albuminöse Substanz die verschiedensten Grade der Flüssigkeitsaufnahme zeigt. Während im einen Falle die Colloidsubstanz dieser pathologischen Producte eine ziemlich consistente Gallertmasse darstellt, welche auch isolirt ihre selbstständige Form behält und unzweifelhaft als

ein mehr oder minder stark gequollener fester Körper angesehen werden muss, stellt dieselbe im anderen Falle eine vollkommen dünne tropfbare Flüssigkeit dar, welche alle Charactere einer vollständigen Lösung trägt. Zwischen diesen beiden Extremen finden sich alle möglichen, fein abgestuften Uebergänge, und bisweilen findet man in den zahlreichen Fächern einer solchen vielfächerigen Gallertgeschwulst alle diese verschiedenen Consistenzgrade des festflüssigen Körpers neben einander vor. Es ist hier ganz unmöglich, bei den consistenten, zähen, fadenziehenden Flüssigkeiten zu sagen, wo der eigentliche Imbibitionszustand der festen organischen Materie aufhört und wo die eigentliche Lösung derselben beginnt. Aehnlich verhalten sich auch viele andere organische Substanzen, insbesondere der Traganth, viele Schleim-Formen, Gummi etc., die sich nicht unmittelbar in der Flüssigkeit auflösen, sondern langsam und allmählig eine unbestimmte Quantität derselben imbibiren, dann aber in der Quellung keine Grenze zu finden scheinen und unendlich verdünnt werden können. Auch hier ist es ganz unmöglich, schliesslich zu unterscheiden, ob nur ein sehr hoher Grad von Quellung oder ob eine wirkliche Lösung der organischen Materie stattgefunden hat. Diese Erscheinungen zeigen deutlich, dass auch zwischen Lösung und Imbibition keine bestimmte Grenze existirt, und dass der festflüssige Aggregatzustand organischer Körpertheile ganz untrennbar in den flüssigen übergeht.

Zusammengehalten mit den vorhergehenden Resultaten erhalten wir also das Gesetz, dass der festflüssige oder gequollene Aggregatzustand, in welchen viele organische Körpertheile eintreten können, und welcher für das Zustandekommen der Lebenserscheinungen aller Organismen unentbehrlich ist, keineswegs absolut vom festen und vom flüssigen Aggregatzustande verschieden ist, sondern vielmehr durch eine continuirliche Reihe der feinsten Uebergangszustände mit Beiden unmittelbar verbunden ist.

So äusserst wichtig also auch dieser Imbibitionszustand für die Organismen ist, so werden wir doch in ihm keine Function derselben zu sehen haben, die ganz ausserhalb der Reihe der anorganischen Functionen liegt. Vielmehr stimmt er sowohl mit dem festen, aber durchfeuchteten, als mit dem flüssigen Aggregatzustand der Anorgane darin überein, dass Flüssigkeit zwischen die Moleküle der Materie eindringt und die Intermolekularräume erfüllt. Bei der Imbibition eines organischen Körpers ist das Maass dieser eindringenden Flüssigkeit für jede Materie bestimmt, wie bei der Humidation, während bei der Solution dieses Maass unbeschränkt ist. Andererseits wird durch die Imbibition Volum und Form des Flüssigkeit aufnehmenden festen Körpers verändert, wie bei der Solution, während dieselben von der Humidation nicht verändert werden. Bei der Quellung werden die Intermolecular-Räume des festen Körpers nur bis zu einer gewissen, durch die Cohäsion der Moleküle bestimmten Grenze erweitert, während bei der Lösung diese Erweiterung in das Unbegrenzte fortgehen kann; bei der Durchfeuchtung dagegen findet gar keine solche Erweiterung der feinen Intermolecular-Räume statt; die Flüssigkeit dringt hierbei wahrscheinlich gar nicht in diese, sondern in gröbere Substanzlücken (Poren) zwischen grösseren Gruppen von Molekülen ein und tritt hier an die Stelle der darin

vertheilten Luft. Indem wir so die Quellung als eine physikalische Leistung der organischen Materie nachweisen, welche zwischen der Durchfeuchtung und der Lösung in der Mitte steht, entkleiden wir dieselbe des specifischen, vitalistischen Characters, welchen ihr viele Biologen beigelegt haben und constatiren, dass diese, für die Lebensbewegungen äusserst wichtige Function der organischen Materie nur relativ, nicht absolut von den verwandten Leistungen der anorganischen Materie (Lösung und Durchfeuchtung) verschieden ist.

Während wir nun einerseits den festflüssigen Aggregatzustand der Kohlenstoff-Verbindungen als eine der wichtigsten Grundursachen der Lebenserscheinungen betrachten, ist es doch andererseits von grosser Wichtigkeit darauf hinzuweisen, dass die Quellungsfähigkeit, welche allen Anorganen abgeht, ebenso auch nur einer beschränkten Anzahl von organischen Verbindungen zukommt, anderen dagegen gänzlich fehlt. So kommen viele Fette, organische Säuren, Alkaloide, Zucker etc. entweder nur in festem (krystallinischen) oder in flüssigem (geschmolzenen oder gelösten) Zustande im Körper der Organismen vor und sind durchaus keiner Imbibition fähig.

Endlich ist im Anschluss hieran das wichtige exclusive Verhältniss hervorzuheben, welches zwischen der Imbibitionsfähigkeit und der Krystallisationsfähigkeit existirt und welches schon von Schwann in seiner grossen Bedeutung für die organische Morphologie gewürdigt worden ist. Diese beiden Functionen der Materie schliessen sich gegenseitig aus.[1] Krystallisirbare Materien können nicht aufquellen und quellungsfähige Stoffe können nicht krystallisiren, so lange ihre Molekularstructur sich nicht ändert. Dieses Gesetz ist äusserst wichtig für die allgemeine Verschiedenheit

[1]) Eine Ausnahme von diesem Gesetze glaubte Reichert (Müllers Archiv, 1849, p. 197) in Eiweisskrystallen gefunden zu haben, welche sich in dem Uterus eines trächtigen Meerschweinchens vorfanden, und welche mit der Krystallsubstanz des Blutes identisch sind, jener in den rothen Blutkörperchen der Wirbelthiere vorkommenden krystallisirbaren Eiweiss-Verbindung. Die Quellungsphänomene, welche Reichert von jenen Eiweisskrystallen schildert, zeigen sich nur an solchen Krystallen, welche durch die Einwirkung von Alkohol oder anderen Reagentien geronnen und in den unlöslichen, imbibitionsfähigen Zustand übergeführt sind. Sie behalten dann als Afterkrystalle die frühere Krystallform bei. So lange diese Eiweiss-Modification löslich und krystallisirbar ist, kann sie keine Flüssigkeit durch Imbibition aufnehmen. Eine andere Ausnahme scheinen die besonders von Nägeli untersuchten „Krystalloide“ zu bilden, welche in den Reservestoffbehältern (Samen etc.) vieler Pflanzen vorkommen. Diese krystallähnlichen Gebilde, welche constant Eiweissverbindungen nebst verschiedenen Beimengungen enthalten, können durch Einwirkung von Essigsäure, Ammoniak u. s. w. bis um das Doppelte aufquellen. Indess ist es wohl auch hier wahrscheinlich, dass durch die Einwirkung dieser Reagentien zugleich die krystallinische Molekularstructur vernichtet wird.

der inneren und äusseren Formenverhältnisse, welche zwischen den Organismen und Anorganen existirt. Da nun gerade die imbibitionsfähigen, nicht krystallisirbaren organischen Materien beim Zustandekommen der Lebensbewegungen die grösste Rolle spielen, so erklärt sich hieraus, warum krystallinische Formen, die in der anorganischen Natur als die höchst entwickelten Formzustände der Materie auftreten, in den Organismen nur eine verhältnissmässig geringe Bedeutung besitzen. Zwar kommen Krystalle in zahlreichen Organismen vor, meist aber nur als Ablagerungen nicht mehr gebrauchter Substanz, seltener als functionirende Bestandtheile von Organismen, wie z. B. die krystallinischen Otolithen vieler Thiere, die Krystalle in der silberglänzenden Haut vieler Fische etc. Krystallisirbare Materien in Lösung dagegen sind in den Organismen sehr weit und allgemein verbreitet.

Nachdem wir nun gezeigt haben, dass in allen elementaren Leistungen, in allen fundamentalen Functionen, in allen Grundkräften der Materie zwischen Organismen und Anorganen keine absoluten, sondern nur relative Unterschiede sich vorfinden, dass nur die complicirtere Verbindungsweise der Atome zu verwickelter zusammengesetzten Molekülen, und die daraus resultirenden höheren, mehr differenzirten Molekularfunctionen, und insbesondere die wahrscheinlich damit zusammenhängende Imbibitionsfähigkeit, der festflüssige Aggregatzustand, die Organismen vor den Anorganen auszeichnet, hätten wir die Frage zu beantworten, ob denn auch diejenigen Bewegungen der Materie, welche man als Lebenserscheinungen der Organismen im engeren Sinne bezeichnet, Empfindung und Willensbewegung, Ernährung und Stoffwechsel, Wachsthum und Fortpflanzung, lediglich als die nothwendigen Wirkungen jener complicirteren Ursachen aufgefasst werden können, und ob dieselben der complicirter gebauten und zusammengesetzten organischen Materie ebenso mit Nothwendigkeit inhäriren, wie die einfacheren physikalischen „Kräfte“ den Anorganen. Bevor wir diese Frage beantworten, müssen wir die Form der Organismen und Anorgane kurz einer vergleichenden Betrachtung unterziehen, da dieselbe für das Zustandekommen jener complicirteren Bewegungserscheinungen nicht weniger wesentlich und nothwendig ist, als die verwickeltere Zusammensetzungsweise der organischen Materie selbst.

II. Organische und anorganische Formen.

II) 1. Individualität der organischen und anorganischen Gestalten.

So wenig zwischen den Organismen und Anorganen ein absoluter, allgemein durchgreifender Unterschied in der fundamentalen atomistischen Zusammensetzung der Materie, sowie in den fundamentalen Kräften, welche derselben inhäriren, zu finden ist, so wenig existirt ein solcher absoluter Unterschied zwischen beiden Gruppen von Naturkörpern auch in der Form, in der inneren Zusammensetzung und

in der äusseren Gestalt. Die sehr auffallenden Differenzen, welche in allen diesen Beziehungen zwischen leblosen und belebten Körpern existiren, sind immer nur relativer Natur, indem sie sich allmählig abstufen, und indem die complicirtere Zusammensetzungsweise und die Imbibitionsfähigkeit der organischen Kohlenstoffverbindungen nothwendig eine complicirtere Function und eine complicirtere Form mit sich bringt. Allein auf der untersten Stufe der so reich differenzirten Organismen-Welt finden wir einfachste Formen, welche in Bezug auf Einfachheit der Zusammensetzung und Form nicht hinter den Anorganen zurückbleiben.

Wir haben bereits oben (p. 24 ff.) eine allgemeine Vergleichung der Organismen und Anorgane bezüglich der Zusammensetzung und Entstehung ihrer Formen angestellt, um die verschiedenen Seiten der Formbetrachtung, mit welchen wir uns beschäftigen werden, klar und scharf hervortreten zu lassen. Wir haben dort absichtlich, wie bemerkt (p. 24), „die wesentlichen Formunterschiede zwischen Organismen und Anorganen so scharf und durchgreifend gegenübergestellt, wie dies fast von allen Naturforschern geschieht." Nun haben wir aber gerechterweise auch die gewöhnlich ganz vernachlässigte Kehrseite jener Betrachtung hervorzuheben, und zu untersuchen, ob die dort hervorgehobenen Differenzen wirklich absolut durchgreifende sind.

An der Spitze unserer vergleichenden Betrachtung der organischen und anorganischen Form haben wir oben hervorgehoben, dass beiderlei Formen uns gewöhnlich als bestimmt abgeschlossene räumliche Einheiten, als Individuen entgegentreten. Hier ist nun zunächst hervorzuheben, dass dies bei den Anorganen keineswegs constant der Fall ist. Vielmehr tritt uns die leblose Materie sehr häufig nicht in individueller Form entgegen. Dies gilt zunächst von allen Gasen oder elastischen Flüssigkeiten. Dasselbe könnte ferner auch von allen tropfbaren Flüssigkeiten behauptet werden, falls man hier nicht die einzelnen Tropfen, welche, innerhalb einer nicht mit ihrem Stoff mischbaren Flüssigkeit, vermöge der Cohäsion ihrer Moleküle eine bestimmte Form (in einer Flüssigkeit vom gleichen specifischen Gewichte eine Kugelform) annehmen, als Individuen gelten lassen will. Auch die festen Anorgane treten sehr oft in einer nicht individualisirten Form auf, als „amorphe" unregelmässige Stücke u. s. w.

Als eigentliche ausgebildete anorganische Individuen können wir nur die Krystalle gelten lassen, welche auch schon von anderen Naturforschern (vorzüglich von Schwann) in dieser Beziehung untersucht und mit den organischen Individuen verglichen worden sind.* Doch müssen wir auch hier die Uebergangsbildungen hervorheben, welche zwischen vollkommen amorphen und rein krystallinischen Körpern vorkommen, und welche man allgemein mit dem Namen der

krystalloidischen Bildungen belegen kann.[1]) Während bei den vollkommen amorphen Anorganen die Atome oder Moleküle einfach aggregirt, ohne jedes bestimmte Gesetz an einander gelagert sind, finden wir bei den Krystalloiden eine bestimmte gesetzmässige Anlagerung und Verbindungsweise der Moleküle (z. B. in einer gewissen „strahligen" oder „blätterigen" inneren Structur) ausgesprochen, ohne dass dieselbe aber, wie es bei den echten Krystallen der Fall sein muss, zur Bildung einer symmetrischen oder regulären prismoiden Form führt, zu einer Form, welche von ebenen Flächen, geraden Linien und bestimmten unveränderlichen Winkeln und Ecken begrenzt ist.

Indem wir nun die Krystalle als die höchst entwickelten anorganischen Individuen den organischen Individuen oben vergleichend gegenüber gestellt haben, bemerkten wir zunächst, dass die ersteren durch und durch homogen, in sich gleichartig, aus Molekülen einer und derselben Art zusammengesetzt seien, während die letzteren im Inneren heterogen, in sich ungleichartig, und aus Molekülen nicht nur, sondern auch aus gröberen Theilen von ganz verschiedener Art zusammengesetzt seien. Auf diese Zusammensetzung des Organismus aus differenten Theilen, aus Organen, oder aus Individuen verschiedener Ordnung begründen wir im dritten Buche die Structurlehre oder Tectologie.

So wesentlich nun dieser Unterschied im Grossen und Ganzen ist, so haben wir hier doch zweierlei gegen seine allgemeine Gültigkeit einzuwenden. Erstens nämlich sind die Krystalle in ihrem Inneren durchaus nicht, wie man oft hervorhebt, vollkommen homogen. Wenn auch die chemische Natur ihrer Moleküle, die Zusammensetzung derselben aus Atomen, gleichartig ist, so gilt dies keineswegs von deren Lagerung und Verbindungsweise. Diese ist vielmehr, entsprechend den verschiedenen Axen des Krystalls, nach verschiedenen Richtungen hin verschieden, und gerade diese innere Ungleichartigkeit, die ungleiche Cohäsion der Moleküle in verschiedenen Richtungen, ist für die äussere Form des Krystalls sogar bedingend.[2]) Zugleich bedingt dieselbe die blätterige Structur im Innern des Krystalls, seine Zusam-

---

[1]) Vergl. Schumacher, die Krystallisation des Eises. Leipzig 1844, p. 27. ff. Vielleicht sind diesen anorganischen Krystalloiden auch die oben erwähnten Krystalloide von pflanzlichen Eiweiss-Verbindungen anzuschliessen.

[2]) Die teleologische oder dualistische Auffassung der Organismen, welche die Complication der organischen Form nicht aus der nothwendigen Wechselwirkung ihrer constituirenden Theile, sondern aus einer vorbedachten zweckmässigen „inneren Idee," einem „Bauplan" ableitet, müsste consequenter Weise ganz ebenso auch für jede einzelne Krystallform eine solche „innere Idee" postuliren, und in der gesetzmässigen inneren und äusseren Gestaltung des Krystalls eine „zweckmässige Einrichtung" für sein Bestehen, sowie für das Zustandekommen seiner physikalischen Eigenschaften erblicken.

mensetzung aus über einander liegenden Schichten von verschiedenen Cohäsions-Graden, die Blätterdurchgänge, welche nach verschiedenen Richtungen hin sich kreuzen und durchschneiden. Hierdurch ist dann wieder der verschiedene Widerstand bedingt, den der Krystall nach verschiedenen Richtungen hin dem Durchgange des Lichts, der Wärme, der Electricität etc. entgegensetzt. Kurz, wir sehen, dass der Krystall durchaus kein homogener, in sich gleichartiger Körper ist, wie ein amorphes Anorgan, sondern vielmehr eine innere Structur besitzt, wie der Organismus; und den Theil der Krystallographie, welcher von dieser inneren Structur handelt, könnte man die Anatomie der Krystalle, oder besser noch die Tectologie der Krystalle nennen.

Wie wir nun so einerseits sehen, dass die „innere Structur", die Zusammensetzung aus bestimmt angeordneten Theilen, durchaus keine ausschliessliche Eigenschaft des Organismus ist, so müssen wir zweitens andererseits hervorheben, dass es auch vollkommen homogene Organismen giebt, solche nämlich, welche, für unsere Hilfsmittel wenigstens, als durchaus homogene und structurlose Körper erscheinen. Dahin gehören mehrere, schon seit längerer Zeit bekannte, sogenannte „Amoeben", nämlich diejenigen einfachsten Amoeben-Formen, welche, ohne Kern und ohne contractile Blase, bloss einen structurlosen contractilen Eiweissklumpen darstellen. Insofern diese durchaus homogenen Amoeben, die sich durch Diosmose ernähren und durch Theilung fortpflanzen, selbstständige „Species" darstellen, wollen wir dieselben als „Protamoeba", von den eigentlichen, mit Kern und contractiler Blase versehenen Amoeben unterscheiden.[1]) Ferner ge-

[1]) Nachdem ich bei dem *Protogenes primordialis*, einem vollkommen homogenen Plasmaklumpen, den ich im Frühjahr 1864 im Mittelmeere bei Villafranca unweit Nizza beobachtet, die einfache Fortpflanzung durch Theilung nachgewiesen hatte, gelang es mir auch bei einem kleinen amoebenförmigen Wesen ohne Kern und ohne contractile Blase, welches ich schon früher in einem kleinen Tümpel bei Jena beobachtet hatte, denselben Vorgang festzustellen. Dieser lebende, vollkommen structurlose Plasmaklumpen, welcher *Protamoeba primitiva* heissen mag, von ungefähr 0,03—0,05 Mm. Durchmesser, gleicht im Habitus und äusserer Form ziemlich der von Auerbach (Zeitschr. für wissensch. Zool. 1856. Vol. VII. Tab. XXII., Fig. 11—16) beschriebenen und abgebildeten *Amoeba limax*. Kern und contractile Blase, welche letztere besitzt, fehlen aber vollständig. Auch bei der stärksten Vergrösserung war ich bei allen beobachteten Individuen nicht im Stande, in dem vollkommen homogenen Plasma etwas Anderes zu entdecken als bei vielen Individuen (aber nicht bei allen!) eine grössere oder kleinere Anzahl fettglänzender, in Essigsäure nicht löslicher Körnchen, welche entweder zufällig oder als Nahrung aus dem umgebenden feinen Schlamme, der viele zersetzte organische Stoffe enthielt, aufgenommen waren. Die structurlose Substanz der contractilen formlosen Körperchen war sehr blass, zart contourirt, schwach lichtbrechend. Die Bewegungen waren sehr

hören dahin die merkwürdigen „Protogenes“, welche ebenfalls vollkommen homogene lebende Eiweissklumpen (Cytoden) darstellen, sich aber durch sehr bedeutende Grösse auszeichnen und durch Anastomose der dünnflüssigeren (weicheren, weniger consistenten) formwechselnden Körperfortsätze von den dickflüssigeren (festeren) Protamoeben (ohne Anastomose der Pseudopodien) unterscheiden.[1]) In allen diesen äusserst merkwürdigen und wichtigen Organismen der niedrigsten Stufe, welche sich übrigens unmittelbar einerseits an die mit einer Schale versehenen Rhizopoden, andererseits an die Jugendzustände der Myxomyceten anschliessen, besteht der gesammte Organismus aus einem vollkommen homogenen lebenden Eiweissklumpen (Plasmaklumpen, Cytoden) welcher, offenbar lediglich vermöge seiner atomistischen Constitution als ein leicht zersetzbarer und imbibitionsfähiger Eiweissstoff, sämmtliche „Lebens“-Functionen zu vollziehen im Stande ist. Die Bewegung äussern diese primitiven Urwesen mittelst der formlosen und beständig wechselnden Fortsätze, welche sie von der Oberfläche ausstrecken und welche das Resultat der gegenseitigen Lageveränderung der Moleküle in der festflüssigen Eiweisssubstanz sind. Die Reizbarkeit oder Erregbarkeit äussern sie als Reflexbewegung durch bestimmte Reactionen, durch Modification der Bewegungen, z. B. Zurückziehen der Pseudopodien, bei Berührung mit einem reizausübenden fremden Körper, einer in Essigsäure getauchten Nadel etc. Die Ernährung vollziehen sie entweder dadurch, dass sie die in dem umgebenden Wasser gelösten einfacheren Verbindungen: Kohlensäure, Ammoniak etc.

---

schwach und langsam. Die rundlichen Protamoeben dehnten sich zu eiförmigen oder länglich runden Platten aus, welche bald nur einen, bald 3—4 kurze, stumpf abgerundete Fortsätze ausschickten, die allmählig wieder zurückgezogen wurden. Unmittelbar die Nahrungsaufnahme durch diese Pseudopodien zu beobachten gelang nicht. Dagegen hatten viele der kleinen Körperchen, einige Stunden nachdem ich ein wenig sehr fein zertheilten Indigo der umgebenden Flüssigkeit zugesetzt, einzelne Körnchen davon in ihr Inneres aufgenommen. Mehrere Protamoeben zeigten in der Mitte eine flachere oder tiefere Einschnürung, wie in Selbsttheilung begriffen, und bei zwei von diesen gelang es mir, durch lange anhaltende Beobachtuug, die völlige Trennung der beiden Hälften wirklich zu constatiren. Jede Hälfte rundete sich alsbald zu einem Kügelchen ab, welches die langsamen Formveränderungen des elterlichen Individuums bald wieder fortsetzte. Der gesammte Körper dieser einfachsten aller Organismen, welcher die gewöhnlichen Eiweiss-Reactionen des Protoplasma zeigte, liess bei keiner mikrochemischen Behandlung eine Zusammensetzung aus heterogenen Theilen erkennen.

[1]) Ueber *Protogenes primordialis* vergl. Zeitschr. für wissenschaftl. Zool. XV, 1865, p. 342, 360, Taf. XXVI, Fig. 1, 2. Im ruhigen Zustande bildet dieses grosse Moner (welches sich von Max Schultzes *Amoeba porrecta* wesentlich nur durch viel bedeutendere Körpergrösse und Zahl der Pseudopodien unterscheidet, eine vollkommen kugelige homogene Eiweissmasse, von welcher nach allen Seiten sehr zahlreiche und feine Fäden ausstrahlen.

unmittelbar zu verwickelten Kohlenstoff-Verbindungen, zur Eiweisssubstanz des Protoplasma, combiniren; oder sie ernähren sich durch mechanische Aufnahme fester Stoffe mittelst der Pseudopodien, aus denen sie dann die brauchbaren Substanzen durch Zersetzung ausziehen und assimiliren. Die Fortpflanzung endlich geschieht durch einfache Selbsttheilung. Und doch haben diese Organismen keine „Organe“! Sie sind so vollkommen homogen als die Krystalle, morphologisch aber insofern noch unvollkommener, als ihre constituirenden Moleküle nach allen Richtungen frei verschiebbar sind, und das ganze Individuum keine feste bleibende Form besitzt.

Um diese einfachsten und unvollkommensten aller Organismen, bei denen wir weder mit dem Mikroskop noch mit den chemischen Reagentien irgend eine Differenzirung des homogenen Plasmakörpers nachzuweisen vermögen, von allen übrigen, aus ungleichartigen Theilen zusammengesetzten Organismen bestimmt zu unterscheiden, wollen wir sie ein für allemal mit dem Namen der Einfachen oder Moneren[1]) belegen. Gewiss dürfen wir auf diese höchst interessanten, bisher aber fast ganz vernachlässigten Organismen besonders die Aufmerksamkeit hinlenken, und auf ihre äusserst einfache Formbeschaffenheit bei völliger Ausübung aller wesentlichen Lebensfunctionen das grösste Gewicht legen, wenn es gilt, das Leben zu erklären, es aus der fälschlich sogenannten „todten“ Materie abzuleiten, und die übertriebene Kluft zwischen Organismen und Anorganen auszugleichen. Indem bei diesen homogenen belebten Naturkörpern von differenten Formbestandtheilen, von „Organen“ noch keine Spur zu entdecken ist, vielmehr alle Moleküle der structurlosen Kohlenstoffverbindung, des lebendigen Eiweisses, in gleichem Maasse fähig erscheinen, sämmtliche Lebensfunctionen zu vollziehen, liefern sie klar den Beweis, dass der Begriff des Organismus nur dynamisch oder physiologisch aus den Lebensbewegungen, nicht aber statisch oder morphologisch aus der Zusammensetzung des Körpers aus „Organen“ abgeleitet werden kann.

So paradox und wunderbar übrigens auch zuerst die Ausübung der verschiedensten Lebensfunctionen durch diese Moneren, durch vollkommen organlose und formlose, in sich ganz gleichartige Eiweissklumpen erscheinen mag, so verliert doch diese Thatsache alles Wunderbare (d. h. Seltene und Ausserordentliche), wenn wir daran denken, dass gleiche individualisirte homogene Plasmaklumpen als Cytoden, und andere, nur durch einen differenten Kern ausgezeichnete Plasmaklumpen als Zellen in allen übrigen Organismen ebenfalls als mehr oder minder selbstständige Lebenseinheiten auftreten. Die Moneren sind, von diesem Standpunkte aus betrachtet, nichts als

[1]) μονήρης, einfach.

einzelne, isolirt lebende Cytoden. Die Moneren behalten diesen Charakter zeitlebens, während derselbe in den Jugendzuständen der Myxomyceten, Rhizopoden und anderer Protisten nur vorübergehend auftritt. Wenn wir die Zusammensetzung des Körpers aus verschiedenartigen Theilen als Haupt-Character der Organismen hervorheben wollten, so würde die Kluft zwischen jenen einfachen, lebenden Plasmaklumpen und den höheren, aus Individuen verschiedener Ordnung zusammengesetzten Organismen, viel grösser erscheinen, als die Kluft zwischen den ersteren einerseits und den Krystallen andererseits. Die Moneren stehen in dieser Beziehung wirklich auf der Grenze zwischen leblosen und lebenden Naturkörpern. Sie leben, aber ohne Organe des Lebens; alle Lebenserscheinungen, Ernährung und Fortpflanzung, Bewegung und Reizbarkeit, erscheinen hier lediglich als unmittelbare Ausflüsse der formlosen organischen Materie, einer Eiweiss-Verbindung.

Wir können demnach weder die Zusammensetzung des Körpers aus ungleichartigen Theilen (Organen etc.), noch auch nur die Zusammensetzung des Individuums aus mehreren gleichartigen Individuen niederer Ordnung, wie bisher geschehen, als allgemeinen Character der Organismen festhalten. Wir werden dies in Zukunft um so weniger können, als höchst wahrscheinlich eine vielseitigere Untersuchung der Anorgane nachweisen wird, dass auch hier bisweilen eine Zusammensetzung des Individuums aus mehreren Individuen niederer Ordnung vorkommt. Wir meinen hier die zusammengesetzten, theils rein krystallinischen, theils krystalloiden Bildungen, welche insbesondere das krystallisirende Wasser so leicht hervorbringt. Offenbar sind diese sehr mannichfaltigen, und oft äusserst zusammengesetzten Gestalten, welche wir als Eisblumen, Eisbäume etc. im Winter an unseren Fensterscheiben bewundern, und durch deren Namen schon das Volk gleichsam instinctiv ihre morphologische Aehnlichkeit mit Organismen andeutet, derartige „höhere, vollkommenere" Anorgane, bei welchen die complicirte Gestalt des Ganzen aus einer gesetzmässigen Vereinigung untergeordneter Theile resultirt. Offenbar sind diese Eisblumen, Eisblätter etc. nach bestimmten Gesetzen gebildet; es sind Aggregate von zahlreichen einzelnen Krystallen, von vielen Individuen niederer Ordnung, welche zur Bildung des höheren Ganzen sich vereinigt haben. Eine bestimmte Summe von centralen Krystall-Individuen bildet die Axe, um welche sich die peripherischen Individuen, bestimmten Anziehungs- und Abstossungs-Verhältnissen jener Axe gehorchend, ansetzen. Bei den complicirteren Eisbäumen, welche den zusammengesetzteren Fiederblättern z. B. von Farrnen gleichen, scheint jede Fieder, jeder Seitenzweig der Hauptaxe selbst wieder die Ansatzlinie für eine neue Reihe noch mehr untergeordneter Individuen werden zu können etc. Auch vielfach sonst finden wir solche ein-

fachere und zusammengesetztere Krystall-Aggregate (z. B. in vielen sogenannten Krystalldrusen) vor, welche ganz offenbar nicht gesetzlos zusammengeworfene Krystall-Haufen sind, sondern durch bestimmte Anziehungs- und Abstossungs-Verhältnisse geregelte, gesetzmässige Bildungen, in denen nothwendig die complicirte Form des Ganzen aus der complicirten Zusammenordnung der einzelnen Theile resultirt. Wenn diese merkwürdigen Bildungen erst näher untersucht sein werden, ist zu hoffen, dass auch bei diesen „Krystall-Stöcken", wie man sie nennen könnte, bestimmte Gesetze gefunden werden, welche den Zusammentritt der Individuen verschiedener Ordnung zum höheren Ganzen bestimmen. Die Feststellung dieser Gesetze würde für die Anorgane dieselbe Aufgabe sein, wie sie die Tectologie für die Organismen verfolgt.

II) 2. Grundformen der organischen und anorganischen Gestalten.

Als einen weiteren wesentlichen Unterschied der organischen und anorganischen Individuen haben wir oben (p. 25 ff.) die Verschiedenheit der äusseren Gestalt selbst bezeichnet. Bei den ausgebildeten anorganischen Individuen, den Krystallen, „ist die Form einer vollkommen exacten mathematischen Betrachtung ohne Weiteres zugänglich, und mit der stereometrischen Ausmessung derselben ist die Aufgabe ihrer morphologischen Erkenntniss wesentlich gelöst. Die anorganischen Individuen sind fast immer von ebenen Flächen, geraden Linien und bestimmten messbaren Winkeln begrenzt. Die organischen Individuen hingegen, deren Form einer stereometrischen Behandlung zugänglich ist, sind seltene Ausnahmen. Fast immer ist ihr Körper von gekrümmten Flächen, gebogenen Linien und unmessbaren sphärischen Winkeln begrenzt."

Auch dieser Unterschied, den wir absichtlich oben so schroff hingestellt haben, wie dies gewöhnlich geschieht, ist keineswegs so absolut und durchgreifend, wie man glaubt. Vielmehr kommen auch in dieser Beziehung, wie überall, Zwischenformen und Uebergangsbildungen vor. Zunächst ist hier hervorzuheben, dass auch vollkommen reine anorganische Krystalle sich finden, welche nicht, gleich den meisten anderen, von ebenen Flächen begrenzt sind, die in gradlinigen Kanten zusammenstossen. Am wichtigsten sind in dieser Beziehung die von gekrümmten Flächen eingeschlossenen Diamantkrystalle, welche um so bemerkenswerther sind, als der Kohlenstoff, der hier in reinster Form sphärische Krystallflächen hervorbringt, zugleich dasjenige chemische Element ist, welches an der Spitze der Organogene steht, und die wichtigste Rolle in der Bildung der organischen Verbindungen spielt. Dasselbe gilt auch vom Wasser, welches nicht minder unentbehrlich für das Zustandekommen und den Bestand der organischen

Formen ist. Die unendlich mannichfaltigen Krystallformen des Schnees und Eises, und vor Allem die sehr complicirten, eben hervorgehobenen „höheren und vollkommeneren“ Krystallformen (Eisblumen, Eisblätter etc.), welche aus Krystall-Individuen niederer Ordnung sich zusammensetzen, zeigen äusserst häufig höchst complicirte, einer stereometrischen Betrachtung gar nicht mehr zugängliche, gekrümmte Linien und Flächen.

Während so einerseits der Fall nicht selten ist, dass auch reine und vollkommen geformte anorganische Individuen, gleich den organischen, nur gekrümmte Begrenzungsflächen und krumme Kantenlinien zeigen, die in unmessbaren Ecken zusammenstossen, so kommt andererseits noch häufiger der Fall vor, dass auch organische Individuen, gleich den meisten anorganischen Krystallen, vollkommen ebene Begrenzungsflächen darbieten, welche sich in geraden Linien schneiden und in messbaren Raumecken zusammenstossen. Wir meinen hier nicht die Krystalle organischer Kohlenstoff-Verbindungen (z. B. Zucker, organische Säuren, Fette etc.), da wir diese nicht als wirkliche organische, d. h. physiologische Individuen, als Lebenseinheiten, ansehen können; wir meinen vielmehr die bisher auffallend vernachlässigten, äusserst interessanten Organismen aus dem Rhizopoden-Stamme, welche besonders in der Radiolarien-Klasse einen so ausserordentlichen Formenreichthum entwickeln und hier zum Theil vollständig, in ihrer gesammten Körperform, und vor Allem in ihrer Skeletbildung, die reinsten und regelmässigsten Krystallformen (Tetraeder, reguläre Octaeder, Quadrat-Octaeder, Rhomben-Octaeder, dreiseitige Prismen etc.) darstellen. Da wir diese höchst wichtige und bisher fast ganz vernachlässigte Erscheinung im vierten Buche ausführlich zu behandeln haben, so wollen wir hier nur darauf hinweisen, dass sämmtliche stereometrische Formen, welche als Grundformen der verschiedenen Krystallsysteme auftreten, auch in Form selbstständiger Organismen vorkommen. Die Radiolarien liefern hierfür die zahlreichsten und schlagendsten Beispiele.

Im Ganzen genommen ist freilich die Zahl dieser Organismen in Krystallform gering, und es muss ausdrücklich hinzugefügt werden, dass es immer nur ein Theil des Körpers ist (wenn auch oft der grösste, und häufig der einzige feste und geformte Theil), welcher die einfache Krystallform annimmt. Denn zu diesem (meist aus Kieselsäure gebildeten) Krystall-Skelet kommt stets noch zum Mindesten die amorphe Sarcode, das lebende Protoplasma, hinzu. Diese letztere kann allein die Lebensbewegungen vermitteln, denen auch jener Skelet-Krystall seine Entstehung verdankt.

Bei der Mehrzahl der Organismen ist die Krystallform gewöhnlich schon deshalb ganz oder grösstentheils ausgeschlossen, weil der ganze

Körper, oder doch der grösste Theil desselben, aus imbibitionsfähiger Materie besteht. Krystallisation und Imbibition schliessen sich aber, wie oben bemerkt, aus. Wir haben daher gewiss in der für das Leben unentbehrlichen Quellungsfähigkeit der organischen Materien die nächste Ursache für die nicht krystallinische Form der meisten Organismen zu suchen.

Nächst der Imbibitionsfähigkeit, und in der nächsten Beziehung und Verbindung mit ihr, ist es dann ferner die unbegrenzte Variabilität der Organismen, welche, wie oben bemerkt (p. 26), eine stereometrische Betrachtung, Ausmessung und Berechnung der meisten organischen Formen in gleicher Weise, wie sie die Krystallographie für die Anorgane giebt, illusorisch macht. Die Individuen der organischen „Arten" (Species) sind nicht, wie die Individuen der anorganischen Arten, einander (innerhalb des Species-Begriffes) gleich, oder auch nur in allen wesentlichen Stücken ähnlich. Vielmehr haben wir die allgemeine Veränderlichkeit und Anpassungsfähigkeit aller Organismen als eine äusserst wesentliche Grundeigenschaft derselben zu constatiren. Indem alle Individuen unter einander ungleich sind, und daher auch eine gemeinsame stereometrische Grundform nur für eine bestimmte Summe von Individuen, welche innerhalb eines beschränkten Zeitraums (z. B. einige geologische Perioden hindurch) existiren, aufgestellt werden kann, so würde die genaueste stereometrische Ausmessung und Berechnung der Organismen-Formen, ihrer complicirten gekrümmten Begrenzungsflächen, Linien etc., auch wenn sie möglich wäre, nur ein ganz untergeordnetes Interesse haben. Dagegen ist eine allgemeine Betrachtung der stereometrischen Grundformen, welche den Organismen-Formen zu Grunde liegen, allerdings möglich, und wie das vierte Buch zeigen wird, innerhalb gewisser Schranken ausführbar. In gewissem Sinne entspricht diese Promorphologie der Krystallographie, ist das Aequivalent einer „Krystallographie der Organismen", und man kann diesen Vergleich noch durch die Erwägung näher begründen, dass auch bei den reinen anorganischen Krystallen die vollkommene stereometrische Grundform äusserst selten (oder nie) in der Natur realisirt vorkommt, und daher stets mehr oder minder eine (durch Ergänzung vieler einzelner verglichener concreter Krystall-Individuen erhaltene) ideale Abstraction darstellt. Die Unvollkommenheiten der allermeisten realen Krystall-Individuen sind durch Anpassung ihrer Form an die Umgebung bestimmt, welche während ihrer Entstehung wirksam war.[1]) In gleicher Weise, nur in viel höherem Grade, wirkt

[1]) Ganz besonders merkwürdig erscheinen durch die unendliche Mannichfaltigkeit der individuellen Formen die complicirten Krystalle des Schnee's, welche zugleich desshalb von besonderem Interesse sind, weil hier die Anpassungs-Bedingungen verhältnissmässig einfache sind.

die Anpassung an die umgebenden Existenz-Bedingungen auf die werdenden Organismen ein, wesshalb hier die individuelle Verschiedenheit so sehr viel beträchtlicher ist, und, indem sie viele Generationen hindurch vererbt, und durch Vererbung in Verbindung mit fortdauernder Abänderung gehäuft wird, schliesslich zur Entstehung ganz neuer Formen führt.

III. Organische und anorganische Kräfte.

III) 1. Lebenserscheinungen der Organismen und physikalische Kräfte der Anorgane.

Durch die vorhergehenden Untersuchungen glauben wir gezeigt zu haben, dass sowohl in der elementaren Constitution und in der chemischen Zusammensetzung der Materie, als auch in der Form, in welcher sich dieselbe individualisirt, durchaus keine so wesentlichen und absoluten Unterschiede zwischen Organismen und Anorganen existiren, wie dies gewöhnlich angenommen wird. Die wirklich vorhandenen Unterschiede erklären sich aus der complicirteren Art und Weise, in welcher die Atome der Elemente in den organischen Körpern zu verwickelteren Atomgruppen (Molekülen) zusammentreten, und ganz besonders aus der ausserordentlichen Fähigkeit des Kohlenstoffs, mit mehreren verschiedenen Atomarten sich in sehr verwickelter Weise zu verbinden. Es ist lediglich diese verwickeltere atomistische Constitution der Kohlenstoff-Verbindungen und die damit zusammenhängende leichte Zersetzbarkeit derselben, die ungewöhnliche Neigung und Fähigkeit der Atome, ihre gegenseitige Lagerung und Gruppirung zu ändern, welche den organischen Materien zum Theil besondere physikalische Eigenschaften verleiht. Von diesen ist die wichtigste der festflüssige Aggregatzustand, die Quellungsfähigkeit. Nun entsteht aber die Frage, ob denn auch alle die verwickelteren Bewegungs-Erscheinungen der Materie, welche man unter dem Collectiv-Begriff des „Lebens" zusammenfasst, sich lediglich aus dieser complicirteren Constitution der organischen Materie und der dadurch bedingten imbibitionsfähigen Form erklären lassen. Wir haben den Beweis zu führen, dass dies in der That der Fall ist, und dass sämmtliche Lebenserscheinungen der Organismen ohne Ausnahme ebenso unmittelbare und nothwendige Wirkungen der geformten organischen Materie sind, als die physikalischen Eigenschaften jedes Krystalles unmittelbare und nothwendige Folgen seiner Form und stofflichen Qualität sind.

Bereits oben (p. 100) ist mit aller Schärfe hervorgehoben worden, dass wir die teleologische und vitalistische Betrachtungsweise der Organismen durchaus verwerfen, und dass wir als die einzig mögliche wissenschaftliche Erkenntnissmethode derselben die mechanische und causale anerkennen müssen. Da wir uns hier im vollsten Einklange mit

den wesentlichsten Grundanschauungen der gesammten neueren Physiologie befinden, dürfte es überflüssig erscheinen, hier über diesen ersten und wichtigsten aller biologischen Grundsätze noch ein Wort zu verlieren. Wir sind aber zu dieser Erörterung gezwungen durch die allgemeine Verbreitung der verkehrtesten Vorstellungen, welche in dieser Beziehung noch heutzutage sowohl die organische Morphologie, als die speculative Philosophie zum grössten Theil beherrschen. Selten freilich begegnen wir diesen vitalistischen Irrthümern in einem so offenen und auffallenden Gegensatz zu der gesammten übrigen Naturwissenschaft, wie es in den consequent durchgeführten Ansichten von L. Agassiz der Fall ist, welcher sämmtliche Lebenserscheinungen als unmittelbare Gedanken-Ausflüsse des persönlichen Schöpfers ansicht, selten setzen sie sich zu jeder vernunftgemässen und harmonisch-denkenden Naturbetrachtung in einen so erklärten Widerspruch, wie in den gänzlich unklaren und verworrenen Theorieen von Reichert, der alle Lebenserscheinungen aus dem „systematischen Grundcharacter“ der organischen Schöpfung ableitet. Vielmehr verstecken sich, da die Ausdrücke der „Lebenskraft“, des Lebensprincips u. s. w. doch allmählig in ziemlich allgemeinen Misscredit gekommen sind, die meisten dualistischen Irrthümer der jetzigen organischen Morphologie unter unschuldigeren teleologischen Ausdrücken, als da sind: Bauplan der Organismen, innere Idee, zweckmässige Organisation, Endzweck der Organismen u. s. w. Alle diese Ausdrücke, welche mehr oder minder sich bemühen, den inneren Widerspruch der dualistischen Weltansicht unter dem Bilde eines teleologischen Gleichnisses zu verbergen, sind eben so absolut zu verwerfen, als die früher herrschenden Vorstellungen, dass jedes organische Individuum zur Erfüllung seines individuellen Lebenszweckes vom Schöpfer zweckmässig mit einer besonderen „Lebenskraft“ ausgerüstet sei. Wir müssen als erste und unumgängliche Vorbedingung einer jeden wissenschaftlichen Erkenntniss der belebten Natur den monistischen Fundamentalsatz von dem nothwendigen Zusammenhange zwischen Ursache und Wirkung aufstellen, und aus diesem Causal-Gesetze wird sich dann für die gegenwärtige Betrachtung das Resultat ergeben, dass alle Lebenserscheinungen ohne Ausnahme, von den einfachsten Ernährungserscheinungen der Amoebe, bis zu den höchst complicirten psychischen Functionen des Menschen hinauf, eben so unmittelbare und nothwendige Folgen der complicirteren Zusammensetzung und Form der organischen Materie sind, als die physikalischen Eigenschaften jedes Krystalls aus der chemischen Natur seines Stoffes und der davon abhängigen prismoiden Form unmittelbar resultiren. In dieser Beziehung ist eine allgemeine Vergleichung der sogenannten „Lebenserscheinungen oder vitalen Functionen“ der Organismen mit den vollkommen gleichwerthigen physikalischen und chemischen „Kräften“ der Anorgane, und insbesondere der höchst individualisirten Anorgane, der Krystalle, besonders lehrreich und interessant.

III) 2. Wachsthum der organischen und anorganischen Individuen.

Der Ausdruck „Leben“ ist, wie bemerkt, nichts Anderes, als eine Collectivbezeichnung für eine Summe von complicirteren Bewegungs-

Erscheinungen der Materie, welche nur den Organismen eigen sind, und den Anorganen allgemein fehlen. Es entsteht aber hier zunächst die Frage, ob denn wirklich alle sogenannten Lebens-Erscheinungen durchaus ohne Analogon in der leblosen Natur sind. Wenn wir nun in dieser Beziehung die molekularen Lebensbewegungen der organischen Individuen mit den molekularen Bewegungen, welche wir bei anorganischen Individuen, insbesondere bei Krystallen, wahrnehmen, vergleichen, so tritt uns als verwandte Erscheinung zunächst diejenige des Wachsthums entgegen.

Die Erscheinungen des Wachsthums in den anorganischen und organischen Individuen sind schon vielfach und mit Recht verglichen worden;[1] und zweifelsohne ist hier der Punkt, von welchem unsere Vergleichung am besten ausgehen kann. Bei allen Naturkörpern besteht die Erscheinung des Wachsthums darin, dass die räumliche Ausdehnung und die Masse des Individuums allmählig zunimmt, indem dasselbe durch eigene Thätigkeit fremde, ausserhalb befindliche Massentheilchen anzieht. Bei den Krystall-Individuen wird sowohl ihr Wachsthum, als auch ihre erste Entstehung allgemein und ohne Widerspruch zurückgeführt auf elementare Gesetze der Anziehung und Abstossung der Moleküle einer homogenen Materie. Für die Wirksamkeit dieser Gesetze ist der flüssige Aggregatzustand (entweder als Lösung oder als Schmelzung) unbedingt erforderlich.

Zunächst ist hier die erste Entstehung des Krystalls aus der Flüssigkeit (Mutterlauge) zu verfolgen. Eine bestimmte Verbindung (z. B. Kochsalz), oder ein chemisches Element (z. B. Schwefel) befindet sich durch Lösung oder durch Schmelzung im flüssigen Aggregatzustande, in welchem die Cohäsion der Moleküle der Expansion der intermolekularen Aether-Atome das Gleichgewicht hält. Damit derselbe nun in den festen Aggregatzustand übergehe, oder damit der Körper krystallisire, ist entweder eine Uebersättigung der Lösung (Mutterlauge) oder eine Abkühlung der geschmolzenen Masse erforderlich. Dadurch entstehen einer oder mehrere Punkte in der Flüssigkeit, an denen die Cohäsion der benachbarten Moleküle über die Expansion der sie trennenden Aether-Atome das Uebergewicht gewinnt, und folglich ein fester Körper entsteht. Die Form dieses ersten, äusserst kleinen, festen Körpers, der als Krystallkern nun weiter auf die umgebende Flüssigkeit wirkt, ist bereits eine gesetzmässig bestimmte, ist bereits die Grundform des Krystallsystems, in welchem die betreffende Materie unter den gegebenen Umständen (Temperatur, Electricität etc.) krystallisirt. Es treten also bereits bei der ersten Entstehung des Krystalls, im ersten Momente des Festwerdens, die benachbarten Mole-

[1] Schon Linné stellte die Wachsthums-Erscheinungen der Organismen und Anorgane in Parallele, in der bekannten Diagnose der drei Reiche: Lapides crescunt, Plantae crescunt et vivunt, Animalia crescunt et vivunt et sentiunt.

küle nach einem bestimmten Gesetze zusammen, welches lediglich in den einfachen Anziehungs- und Abstossungs-Verhältnissen der Moleküle dieser bestimmten Materie begründet ist. Diese Gesetze sind uns vollkommen eben so unbekannt und ihrem innersten Wesen nach eben so räthselhaft, wie die Gesetze der ersten Entstehung lebender Materie aus lebloser.

Die „spontane“ Entstehung eines einfachsten Organismus, wie es die structurlosen Plasmaklumpen, die Moneren sind, in einer leblosen oder anorganischen Flüssigkeit, welche die Elemente seiner Materie gelöst enthält, ist eine bestimmte Form der Generatio aequivoca, welche wir als Autogonie im nächsten Capitel noch besonders betrachten werden. Hier wollen wir vorläufig hervorheben, dass dieser Process uns seinem innersten Wesen nach in der That nicht minder, aber auch nicht mehr, unerklärlich und räthselhaft ist, als die „spontane“ (d. h. scheinbar freiwillige, in der That aber nothwendige, gesetzlich bedingte!) Entstehung eines anorganischen Krystalls in einer anorganischen Flüssigkeit. Wir wissen nicht warum dieselbe anorganische Flüssigkeit unter scheinbar gleichen (in der That aber stets ungleichen) Umständen Krystalle liefert, welche an Zahl, Grösse, secundärer Form etc. oft sehr bedeutend von einander abweichen. Aber wir zweifeln niemals, dass es bestimmte ursächliche Verhältnisse der eigenen und der umgebenden Materie, bestimmte, uns unbekannte Bedingungen in den Anziehungs- und Abstossungs-Verhältnissen dieser Materie sind, welche in jedem Falle die bestimmte individuelle Form des entstehenden Krystalles regeln und bedingen. Ganz genau ebenso verhält sich in dieser Beziehung die erste Entstehung der einfachsten, homogenen Organismen, die Autogonie eines Moneres in einer Flüssigkeit, welche die Elemente seiner Materie in anderen Verbindungen, z. B. als Kohlensäure und Ammoniak, gelöst enthält, und welche die für die Autogonie nothwendigen Bedingungen bietet. Wir wissen nicht, warum hier eine bestimmte Anzahl von Atomen des Kohlenstoffs, des Sauerstoffs, des Wasserstoffs und des Stickstoffs in bestimmter Quantität zusammentritt, um eine plastische Materie, einen Eiweisskörper zu bilden, dessen Moleküle dann unter scheinbar gleichen (in der That aber stets ungleichen) Umständen sich zur Bildung von Moneren vereinigen, primitiven homogenen Organismen, welche an Entwickelungsfähigkeit so sehr von einander abweichen, und von denen das eine einer pflanzlichen, das andere einer thierischen Entwickelungsreihe den Ursprung giebt. Aber wir können und dürfen nicht zweifeln, dass es bestimmte ursächliche Verhältnisse der eigenen und der umgebenden Materie sind, bestimmte uns unbekannte Bedingungen, Modificationen in den Anziehungs- und Abstossungs-Verhältnissen dieser Materie, welche in jedem Falle die bestimmte (in bestimmter Richtung entwickelungsfähige) Qualität des entstehenden Urorganismus oder Moneres regeln und bedingen.

Offenbar sind es dieselben grossen und einfachen Gesetze der Massenanziehung und der chemischen Wahlverwandtschaft, welche die Autogonie verschiedener Moneren, d. h. die spontane Entstehung von homogenen structurlosen Urorganismen in einer anorganischen Flüssig-

keit, und welche die gesonderte Entstehung der verschiedenen Krystalle in einer gemischten Mutterlauge bedingen. Hier wie dort erfolgt die Bildung der festen Körper aus der Flüssigkeit mit Nothwendigkeit, durch die ureigene Kraft der Materie, ohne Zuthun einer davon verschiedenen, zweckmässig wirkenden Kraft. Dieselbe fundamentale Uebereinstimmung zeigt sich nun auch weiterhin in dem Wachsthum der „spontan" entstandenen Formen. Das Wachsthum beruht in allen Fällen darauf, dass der vorhandene feste Körper als Attractionscentrum, als Anziehungsmittelpunkt wirksam ist, und dass die Anziehungskraft, welche die in demselben inniger verbundenen, sich näher liegenden Moleküle auf ihre Umgebung ausüben, die schwächere Cohäsion der in der umgebenden Flüssigkeit gelösten Moleküle überwiegt. Indem die letzteren weiter von einander abstehen, sich weniger stark in ihrer gegenseitigen Lage zu erhalten vermögen, folgen sie der stärkeren Anziehung, welche von dem bereits gebildeten festen Körper ausgeht, und gehen nun ihrerseits ebenfalls in den festen Aggregatzustand über.

Nun ist aber hier sogleich hervorzuheben, dass zwar die Grunderscheinung des Wachsthums bei den Krystallen und den Urorganismen dieselbe ist, und dass sowohl hier als dort lediglich die einfachsten Attractions-Verhältnisse der materiellen Moleküle es sind, welche dem zuerst entstandenen festen Centralkörper immer neue festwerdende Materie von aussen, aus der umgebenden Flüssigkeit her zuführen; dass aber andererseits die Verschiedenheit des Aggregatzustandes in den anorganischen und den organischen Individuen von vornherein Verschiedenheiten in der Wachsthumsweise bedingt, welche uns vollkommen die weiter auftretenden Differenzen der beiden Fälle erklären.

Dieser wichtigste Unterschied zwischen den in der Mutterflüssigkeit spontan entstehenden Krystallen und Moneren zeigt sich von vornherein darin, dass bei der ersten Anlage des Krystalls (des Kernkrystalls) die organische Materie sogleich unmittelbar aus dem vollkommen flüssigen in den vollkommen festen Aggregatzustand übergeführt wird, während bei der ersten Anlage des Moneres die organische Materie nicht unmittelbar aus dem vollkommen flüssigen in den vollkommen festen, sondern in den festflüssigen Aggregatzustand übergeht. Wenn bei der Krystallisation, wie es sehr häufig geschieht, aus der umgebenden Mutterlauge Wasser (Krystallwasser) in den entstehenden festen Körper mit übergeführt wird, so erscheint dieses an denselben chemisch gebunden und thut dem vollkommen festen Aggregatzustand nicht den mindesten Eintrag. Wenn dagegen bei der Autogonie ein Moner aus der Mutterflüssigkeit entsteht, wobei stets Wasser in den entstehenden festflüssigen Körper mit aufgenommen wird, so wird dieses Wasser nicht fest, wie es bei dem chemisch gebundenen Krystallwasser ge-

schieht, sondern es bleibt flüssig, und bedingt durch seine eigenthümliche Verbindung mit der fest gewordenen organischen Materie den Imbibitionszustand des structurlosen Urwesens, und dadurch die bleibende Beweglichkeit seiner inneren Bestandtheile, welche für alle weiteren Entwickelungs-Bewegungen desselben die erste Bedingung ist.

Sehen wir nun aber von diesen wichtigen Grundunterschieden im Aggregatzustande der Organismen und der Anorgane zunächst ab, so finden wir andererseits in dem Wesen der Wachsthums-Bewegungen, welche bei der Bildung der Krystalle und der einfachsten organischen Individuen, der Moneren, sich zeigen, die wichtigste Uebereinstimmung. Besonders ist hier als ein sehr wichtiger allgemeiner Character des Wachsthums hervorzuheben, dass in allen Fällen die Aneignung der zum Wachsthum dienenden Stoffe aus der umgebenden Mutterflüssigkeit mit einer gewissen Auswahl erfolgt. Sowohl der wachsende Krystall, als das wachsende Moner zieht, wie jede andere Cytode und wie jede Zelle, aus der umgebenden Ernährungsflüssigkeit nur diejenigen Substanzen an, welche es zu seinem individuellen Wachsthum braucht, und trifft daher, wenn viele verschiedene ernährende Substanzen unter einander in der Flüssigkeit gelöst sind, zwischen diesen eine bestimmte Auswahl. Bei der Krystallisation der Anorgane zeigt sich dieses Phänomen ganz einfach darin, dass, wenn in einer Mutterlauge viele verschiedene Salzlösungen unter einander gemischt sich befinden, beim Abdampfen derselben alle einzelnen Salze gesondert heraus krystallisiren, indem das Gleiche stets das Gleiche anzieht. Beim Wachsthum aller Organismen zeigt sich dasselbe Grundgesetz in dem Phänomen der Assimilation, indem z. B. in einem Teiche, in welchem viele einzellige Algen und Protisten unter einander leben, jede nur diejenigen bestimmten Salze, diejenigen Quantitäten der organischen Verbindungs-Elemente in sich aufnimmt, welche zur Bildung von organischer Substanz Ihresgleichen dienen. Offenbar beruht diese wichtige Erscheinung, welche die Gleichartigkeit der chemischen Substanz ganz ebenso in dem structurlosen Monere, wie in dem Krystalle bedingt, auf denselben Gesetzen der molekularen Anziehung und Abstossung. Dieselben Gesetze der chemischen Wahlverwandtschaft und der physikalischen Massenanziehung bewirken zusammen in gleicher Weise das Wachsthum der Organismen und der Anorgane.

Wenn wir uns nun von den structurlosen Moneren zu den höheren Organismen wenden, deren Leib aus einem Complex von differenzirten Zellen besteht, so finden wir auch hier dieselben einfachen und grossen Gesetze wirksam, und nur dadurch häufig sehr versteckt, dass die unendlich verwickeltere Zusammensetzung der höheren organischen Individuen aus sehr verschiedenartigen Theilen auch immer unendlich verwickeltere Bedingung des Wachsthums und der Stoffauswahl setzt.

So z. B. zieht bei den höheren Thieren aus der gemeinsamen Ernährungsflüssigkeit, dem höchst zusammengesetzten Blute, jede einzelne Zelle, jedes einzelne Organ, nur diejenigen bestimmten Bestandtheile an sich, welche seines Gleichen sind, welche es zu seiner individuellen Vergrösserung braucht, und verschmäht die übrigen. Aber selbst für diesen complicirteren organischen Wachsthumsprocess giebt es Analoga in der anorganischen Natur. Dahin gehört das bekannte Experiment, welches schon von Reil 1796 in seiner klassischen Abhandlung „von der Lebenskraft" benutzt wurde, um zu zeigen, dass die „Assimilation", die Ernährung und das Wachsthum der Thiere nichts weiter seien, als eine „thierische Krystallisation", d. h. „eine Anziehung thierischer Materie nach Gesetzen einer chemischen Wahlverwandtschaft". Wenn man nämlich in eine Auflösung von Salpeter und Glaubersalz einen Salpeterkrystall hineinlegt, so krystallisirt nur der Salpeter heraus und das Glaubersalz bleibt gelöst; wenn man dagegen umgekehrt in dieselbe gemischte Auflösung einen Glaubersalzkrystall hineinlegt, so krystallysirt nur das Glaubersalz heraus, und der Salpeter bleibt gelöst.[1])

Diese wichtige Erscheinung, welche uns die Gleichheit der einfachen Grundursachen im Wachsthum der Organismen und Anorgane beweist, führt uns unmittelbar zu einem weiteren wichtigen Grundgesetz des Wachsthums, das sich ebenfalls auf bestimmte Verhältnisse der Massenanziehung gründet. Es folgt nämlich aus jenem instructiven Versuche unmittelbar, dass ein bereits gebildeter fester Körper in seiner Mutterlauge (d. h. in einer Flüssigkeit, welche die ihn zusammensetzenden eigenen Stoffe gelöst enthält) eine stärkere Anziehung auf die umgebenden in der Flüssigkeit gelösten Moleküle ausübt, als diese unter sich auszuüben vermögen. Ist daher einmal in einer solchen Bildungsflüssigkeit ein fester Körper vorhanden, so wirkt dieser als Anziehungsmittelpunkt, und vermag nun gleichartige Materie, welche in der Flüssigkeit gelöst ist, aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand überzuführen, und zwar unter Umständen, unter denen dieser Uebergang, das Festwerden, ohne Anwesenheit des festen Körpers nicht erfolgt wäre.[2]) Auch dieses wichtige Gesetz wird sicher in ganz

---

[1]) Die quantitativen Mischungs-Verhältnisse der Lösung, welche zur Anstellung dieses Experiments erforderlich sind, findet man von Reil näher angegeben in seinem Archiv für Physiologie, I. Vol. 1796, p. 77 Anm. 1.

[2]) Gewiss werden wir berechtigt sein, diese allgemeine wichtige Erscheinung bei Beurtheilung der ersten Entstehung und des weiteren Wachsthums jedes individuellen Naturkörpers zu berücksichtigen, ganz besonderen Werth aber darauf zu legen, wenn es sich darum handelt, die Analogie zwischen anorganischer Krystallisation und organischer Autogonie nachzuweisen. Hierauf hat schon Schwann in seinem berühmten Werk aufmerksam gemacht, indem er sagt (p. 252): „Bei Entwickelung der plastischen Erscheinungen an den Zellen stellt sich das Gesetz heraus, dass zur ersten Bildung einer Zelle eine concentrirtere Lösung er-

gleicher Weise für die Organismen wie für die Anorgane gelten und wird namentlich dann zu berücksichtigen sein, wenn es sich um die Autogonie der Moneren handelt, welche offenbar ein der primitiven Krystallbildung in der Mutterlauge ganz analoger Process ist.

Wenn wir nach diesen Ausführungen nochmals die wesentlichen Vorgänge, welche das Wachsthum der Naturkörper bedingen, vergleichend überblicken, so gelangen wir zu dem Resultate, dass dieselben überall, in der anorganischen wie in der organischen Natur, auf denselben einfachen und grossen Gesetzen beruhen, vor Allem auf den Gesetzen der gleichartigen Massen-Anziehung und der chemischen Wahlverwandtschaft. Jede Wachsthumserscheinung des lebenden Individuums, wie des leblosen Krystalls, beruht darauf, dass ein bereits vorhandener fester Körper gleichartige Materie anzieht, und sie nöthigt, aus dem flüssigen in den festflüssigen oder in den festen Aggregatzustand überzugehen, und dabei zugleich sich mit ihm zu verbinden. Die auffallenden Unterschiede, welche sich weiterhin im Wachsthum der Organismen und der Anorgane zeigen, lassen sich alle auf die Verschiedenheit des materiellen Substrats reduciren, nämlich auf den festflüssigen Aggregatzustand, welcher den Organismen allein eigenthümlich ist, und welcher seinerseits wieder bedingt ist durch die verwickelten Verbindungen, welche der Kohlenstoff, als das vorzugsweise organogene Element, mit den verschiedenen anderen Atom-Arten eingehen kann. Wir müssen annehmen, dass allein aus diesen wichtigen Differenzen in der chemischen Zusammensetzung und dem Aggregatzustande die Hauptverschiedenheiten im Wachsthum der Organismen und Anorgane abzuleiten sind. Der feste Aggregatzustand der anorganischen Individuen, und zunächst der Krystalle, erlaubt nur ein Wachsthum durch Apposition von aussen, während der festflüssige Aggregatzustand der organischen Individuen (und zunächst der einfachsten Urorganismen, der Moneren, weiterhin der Zellen etc.) ein inneres Wachsthum durch Intussusception gestattet. Offenbar ist in dieser Beziehung die innigere und festere Verbindung der Krystall-Moleküle, gegenüber der mehr lockeren und flüssigen Verbindung der Moneren-Moleküle von der grössten Bedeutung. In den Krystallen liegen die Moleküle der festen Materie und des daran chemisch gebundenen festen Wassers (des Krystallwassers) so nahe bei einander, dass sie nicht ihre gegenseitige Lage und Entfernung verändern können, ohne die Existenz des an-

forderlich ist, als zum Wachsthum einer schon gebildeten Zelle. Bei der gewöhnlichen Krystallisation muss die Auflösung mehr als gesättigt sein, wenn die Krystallisation beginnen soll. Ist aber die Krystallisation vor sich gegangen, so bleibt eine Mutterlauge übrig, die nicht mehr bei dieser Temperatur gesättigt ist. Dies ist ganz dasselbe Phaenomen, wie bei den Zellen; es zeigt, dass zum Anfang der Krystallisation eine concentrirtere Auflösung erforderlich ist, als zum Wachsthum der schon gebildeten Krystalle." Offenbar stehen wir hier vor einem, übrigens noch wenig beachteten und nicht gehörig formulirten Grundgesetz der Materie, welches bei jeder Formbildung, bei jedem Uebergang flüssiger, formloser Materie in feste oder festflüssige geformte Materie, von der grössten Bedeutung ist.

organischen Individuums zu zerstören. Es können daher die neuen, fest werdenden Moleküle, welche aus der Mutterlauge von dem Krystall angezogen und in den festen Zustand übergeführt werden, sich nur aussen auf der äusseren Oberfläche des Krystalls ablagern. In den einfachsten Organismen dagegen (Moneren und anderen Cytoden) ist der Abstand der Moleküle von einander ein weiterer und sie müssen sogar nothwendig ihre gegenseitige Lage und Entfernung verändern, um die Existenz des organischen Individuums zu erhalten. Dies ist aber nur möglich mittelst des festflüssigen Aggregat-Zustandes, in welchem die Moleküle der Flüssigkeit mit den Molekülen der festen organischen Substanz in der eigenthümlichen Weise verbunden sind, und in der eigenthümlichen Art ihre Intermolekularräume ausfüllen, welche eben das Wesen der Imbibition ausmacht. Daher wird die Anziehungskraft, welche der festflüssige Ur-Organismus auf die umgebende Mutterlauge (Blastema) ausübt, nicht dabei stehen bleiben, die benachbarten, in der Flüssigkeit gelösten Theile der organischen Substanz aus dem flüssigen in den festflüssigen Aggregatzustand überzuführen, und sie auf der äusseren Oberfläche (durch Apposition) abzulagern, oder anzusetzen, sondern sie wird, weiter wirkend, dieselben dem Centrum immer mehr zu nähern, in das Innere des organischen Individuums hineinzuziehen streben, und indem der festflüssige Zustand desselben jenem starken anziehenden Einflusse des Centrums und der entsprechenden Wechselwirkung (der Centripetalkraft) der von aussen eindringenden Moleküle keinen hinreichenden Widerstand entgegensetzt, wird der Eintritt der neuen Moleküle in das Innere des Moneres thatsächlich erfolgen, d. h. der *Organismus wächst durch Intussusception.*

Die primitive und die wichtigste Differenz in der spontanen Entstehung und im weiteren Wachsthum der Organismen und der Anorgane liegt also in der Thatsache, dass die anorganischen Individuen, die Krystalle, vermöge ihres festen Aggregatzustandes, nur durch Apposition von aussen entstehen und wachsen können, während die organischen Individuen, vermöge ihres festflüssigen Aggregatzustandes, nur durch Intussusception nach innen entstehen und wachsen können und müssen. Wenn wir von dieser fundamentalen und äusserst wichtigen Thatsache ausgehen, und wenn wir dabei zugleich die nothwendigen Wechselbeziehungen ins Auge fassen, in denen sich jeder Naturkörper zu sämmtlichen ihn unmittelbar umgebenden Naturkörpern befindet, so wird sich aus der Differenz, welche diese Wechselbeziehungen bei den festen Krystallen und den festflüssigen Organismen zeigen, ohne Weiteres die Aussicht auf eine monistische, rein mechanische Erklärung der sämmtlichen Lebenserscheinungen eröffnen. Denn aus jener fundamentalen Differenz im Aggregatzustande ergiebt sich unmittelbar, dass jene molekularen Bewegungen, welche im Inneren des festflüssigen Organismus stattfinden, und welche das Wesen des „Lebens“ ausmachen, im Inneren des festen „leblosen“ Krystalls nicht stattfinden können. Wenn wir die einzelnen Lebenserscheinungen von diesem Gesichtspunkte aus betrachten, so werden wir ohne Weiteres einsehen, dass dieselben in dem festflüssigen Organismus allein möglich sind, nicht aber in dem festen Anorgan

III) 3. Selbsterhaltung der organischen und anorganischen Individuen.

Gleich der Kraft des Wachsthums ist auch die Kraft der Selbsterhaltung eine allgemeine Function der Naturkörper. Jedes organische und jedes anorganische Individuum erhält sich einen beschränkten Zeitraum hindurch selbst, so lange nämlich, als es die Wechselwirkung seiner eigenen Materie mit derjenigen seiner Umgebung gestattet.

Die Thätigkeit der Selbsterhaltung ist nun zwar allen Naturkörpern gemeinsam, äussert sich aber doch bei den organischen und anorganischen Individuen in sehr verschiedenen Erscheinungen. Bei den Organismen ruft dieselbe die verwickelten Bewegungserscheinungen der Ernährung oder des Stoffwechsels hervor. Diese Functionen sind für den Bestand des organischen Individuums ebenso wie für seine sämmtlichen übrigen Lebenserscheinungen die nothwendige Unterlage. Denn alle anderen Functionen, Willensbewegung und Empfindung, Sinnesthätigkeit und Fortpflanzung, beruhen auf molekularen Bewegungs-Erscheinungen, welche erst durch den Stoffwechsel und die Ernährung möglich werden. Alle diese Bewegungen beruhen im Grunde darauf, dass durch Bildung chemischer Verbindungen gewisse bewegende Kräfte frei werden, welche in den unverbundenen Materien gebunden waren, darauf also, dass gebundene oder Spann-Kräfte in lebendige Kräfte übergehen.[1]) Der Vorrath an Spannkraft, welcher bei dem Uebergang in lebendige Kraft verbraucht wurde, muss ersetzt werden, wenn das organische Individuum weiter existiren soll, und dieser nothwendige Ersatz wird durch die Ernährung geliefert. Die Ernährung beruht nun wieder, wie das Wachsthum der Organismen, darauf, dass die neu erworbenen, assimilirten Moleküle in das Innere des Körpers hineingeführt werden und hier die Stelle derjenigen Moleküle einnehmen, welche bei der Arbeitsleistung des Organismus verbraucht wurden. Diese Einführung neuer Substanz und ihre Assimilation, welche das Wesen der Ernährung ausmacht, ist wieder nur möglich mittelst des festflüssigen Aggregatzustandes, und es erklärt sich hieraus, warum die anorganischen Individuen der Ernährung nicht fähig sind. Sie sind ihrer aber auch nicht bedürftig. Sämmtliche belebte Naturkörper existiren nur, sie können ihre Existenz nur behaupten, indem sie sich beständig, wenn auch langsam zersetzen; alle sind sie eingeschlossen in ein Medium (Luft, Wasser, Inneres eines anderen Organismus), in welchem sie sich nothwendig zersetzen müssen. Denn die Bildung der Verbindungen, durch welche die lebendigen Kräfte frei

[1]) Ueber das äusserst wichtige Verhältniss der gebundenen oder potentiellen (Spann-)Kräfte zu den lebendigen oder actuellen (Bewegungs-)Kräften, auf welchem der Kraftwechsel in der gesammten Natur beruht, vergl. H. Helmholtz: Ueber die Wechselwirkung der Naturkräfte. Königsberg. 1854.

werden, ist verbunden mit einer Zersetzung der vorhandenen Materie. Die gebundenen Spannkräfte, welche eben bei dieser Zersetzung frei und zu lebendigen Kräften werden, veranlassen durch ihre Bewegungen die nothwendigen Lebens-Erscheinungen. Der dabei beständig wirksamen Gefahr des Unterganges, des Todes, entziehen sich die organischen Individuen durch die Ernährung, welche jener Zersetzung entgegenwirkt. Sie müssen daher, um ihre Existenz zu fristen, um zu „leben“, sich in beständigem Stoffwechsel befinden, sich beständig zersetzen und ernähren, und dies ist nur mittelst der Imbibition möglich. Wenn diese Wechselwirkung zwischen der Zersetzung und der Ernährung der festflüssigen Materie aufhört, tritt der Tod ein. Sämmtliche anorganische Individuen dagegen können sich niemals zersetzen, ohne dadurch ihre Existenz als solche aufzugeben. Weil sie nicht imbibitionsfähig sind, können sie sich nicht ernähren, und wenn sie sich zersetzen, so ist dies ihr Tod. So wenig aber die Krystalle sich zersetzen können, ohne ihre individuelle Form und damit ihren individuellen Charakter aufzugeben, so wenig bedürfen sie der Zersetzung, um sich zu erhalten. Und hierin liegt gleichfalls ein wesentlicher Unterschied zwischen den organischen und anorganischen Individuen, der sich ebenfalls auf ihren verschiedenen Aggregatzustand zurückführen lässt. Denn der feste Aggregatzustand der Krystalle, welcher die inneren Bewegungs-Erscheinungen ausschliesst, die für das Leben des festflüssigen Organismus unentbehrlich sind, verleiht denselben zugleich die Fähigkeit der Selbsterhaltung, ohne dass Stoffwechsel für die Conservation erforderlich ist.

Gleichwie nun die Ernährung und der Stoffwechsel den Organismen vermöge ihres festflüssigen Aggregatzustandes allein eigenthümlich und nothwendig sind, und den Anorganen völlig fehlen, so können natürlich auch bei den letzteren alle die complicirteren Molekular-Bewegungen der organischen Materie nicht zu Stande kommen, welche wir als Empfindung, willkührliche Bewegung, als Sinnesthätigkeit, Fortpflanzung u. s. w. bezeichnen. Da dieselben die Ernährung als nothwendige Grundlage voraussetzen, so brauchen wir hier den nothwendigen Mangel derselben in den anorganischen Individuen nicht weiter zu beweisen, um so weniger, als viele dieser Functionen, und vorzüglich die höchsten und complicirtesten (wie die sogenannten Seelenthätigkeiten), nur einer gewissen Anzahl von Organismen, nämlich den höheren Thieren, eigenthümlich sind. Nur eine einzige Function müssen wir hier noch hervorheben, welche allen Anorganen ohne Ausnahme abgeht, und das ist die mit der Ernährung innig verbundene Function der Fortpflanzung.

Die Fortpflanzung der organischen Individuen ist eine ebenso allgemeine und fundamentale Function der Organismen, als die Ernährung und das Wachsthum, mit denen sie unmittelbar zusammenhängt. Ohne auf die complicirteren Formen der Fortpflanzung hier einzugehen, werfen wir

blos einen Blick auf ihre einfachsten Formen, wie sie bei den unvollkommensten und niedrigst stehenden Organismen, die noch keine Sexual-Organe besitzen, als Selbsttheilung und als Knospenbildung auftreten. Die einfachsten aller Organismen, die homogenen Moneren (Protogenes, Protamoeba etc.), deren ganzer Körper einen formlosen contractilen Plasmaklumpen darstellt, pflanzen sich fort durch Selbsttheilung, indem ihr Körper sich in der Mitte einschnürt und in zwei Stücke zerfällt. Die gleiche einfache Vermehrungsweise treffen wir bei sehr vielen niederen Thieren und Pflanzen, zum Theil selbst bei solchen mit complicirter Organ-Differenzirung an. Bei anderen tritt statt der Theilung oder neben derselben Knospenbildung auf, indem aus der Oberfläche des organischen Individuums ein zweites hervorwächst, welches sich abschnürt und selbstständig weiter lebt. Endlich sehen wir bei vielen niederen Organismen, dass das Individuum, sobald es durch Wachsthum eine bestimmte Grösse erreicht hat, in eine Anzahl innerer Keime zerfällt, deren jeder sich alsbald wieder zu einem jungen Individuum entwickelt. Aus dieser inneren Keimbildung hat sich zweifelsohne im Laufe der Zeit die geschlechtliche Zeugung, und zwar zunächst die Zwitterbildung, viel später erst die Trennung der Geschlechter, entwickelt.

Fragen wir nun nach dem Wesen dieser einfachsten Fortpflanzungsprocesse, der Selbsttheilung, der äusseren Knospenbildung, der inneren Keimbildung, so werden wir uns in allen Fällen als die nächste Ursache derselben eine Ernährung des Organismus über das individuelle Maass hinaus vorstellen können. Sobald der primitive einfache Ur-Organismus durch Imbibition mehr Nahrung aufnimmt, als er in individueller Form aufspeichern kann, so wird das eine Individuum in zwei oder mehrere zerfallen, entweder durch Selbsttheilung, oder durch äussere Knospenbildung, oder durch innere Keimbildung. Auch diesen Vorgang können wir uns vollkommen mechanisch erklären. So lange das Individuum eines Moneres wächst, ohne sich zu vermehren, so lange bleibt das Centrum des individuellen Körpers der einzige Anziehungsmittelpunkt, welcher die assimilirbare und die assimilirte Materie rings um sich anhäuft. Sobald aber diese Anhäufung ein bestimmtes Maass überschreitet, welches durch die Cohäsion der Moleküle des betreffenden Eiweiss-Körpers (Plasma) bedingt wird, so verliert das einzige Attractions-Centrum die absolute Herrschaft über das Ganze, und zerfällt entweder in zwei getrennte Anziehungs-Mittelpunkte, die sich nun gegenseitig abstossen und von einander isolirt die übrigen Moleküle anzuziehen suchen, oder es entstehen neben dem alten einfachen Cohäsions-Heerde mehrere neue, so dass das Ganze in mehrere individuelle Theile zerfällt. Diese werden nun ihrerseits wieder bis zu einer gewissen Grenze hinauf assimilirbare Stoffe aufnehmen und wachsen, bis durch abermalige Ueberschreitung dieser Grenze jedes Individuum wiederum in eine Anzahl von neuen Einzelwesen zerfällt u. s. w. Da die neuen Individuen Theilstücke der alten sind, die sich selbstständig ergänzen müssen, so wird uns hierdurch zugleich ein erklärender Blick auf die beiden wichtigsten Grunderscheinungen der Formbildung, auf die Erblichkeit und die Anpassung eröffnet. Von diesen äusserst wichtigen Phänomenen, welche wir unten noch genauer zu betrachten haben, beruht die Vererbung auf dem unmittel-

baren materiellen Zusammenhange zwischen dem elterlichen und dem neu entstandenen Organismus. Indem der letztere stets einen Theil des ersteren beibehält, musser nothwendig durch die gleiche Materie, die ihm bleibt, auch die gleichen Functionen äussern. Hierauf beruht die Erblichkeit, vermöge welcher jeder Organismus seinem elterlichen ähnlich ist. Der absoluten Gleichheit zwischen Beiden wirkt nun aber der andere Umstand entgegen, dass der jugendliche Organismus, der nur einen Theil des elterlichen bildet, gezwungen ist, sich durch Wachsthum selbstständig bis zu einer gewissen Grenze hinauf zu ergänzen. Indem nun diese selbstständige Ernährung des organischen Individuums, welche auf den einfachsten Massen-Anziehungen der umgebenden ernährenden Substanz beruht, durch die umgebenden Existenz-Bedingungen (Temperatur, Ausdehnung und Oberfläche der festen Körper in der Umgebung etc.) beeinflusst wird, indem z. B. das Quantum des Wassers in dem imbibitionsfähigen Organismus und das Quantum der neu aufnehmbaren festen Substanz durch bestimmte einfache Massen-Anziehungen der umgebenden festen Körper geregelt wird, entsteht ein gewisser Grad von Variabilität, von Veränderlichkeit in dem Quantum der assimilirbaren Stoffe, die in das imbibitionsfähige Plasma eindringen und das Wachsthum des Individuums vollenden. Auf dieser individuellen Variabilität beruht die Fähigkeit der Anpassung an die umgebenden Existenz-Bedingungen, welche der absoluten und allgemeinen Erblichkeit entgegen wirkt, und in Wechselwirkung mit dieser die ganze Mannichfaltigkeit der Organismen-Welt nach den von Darwin entwickelten Gesetzen erzeugt.

Indem wir die weitere Betrachtung dieses wichtigen Wechselspiels zwischen den beiden wichtigsten formbildenden Factoren der organischen Welt, Erblichkeit und Anpassung der organischen Individuen, dem fünften und sechsten Buche aufsparen, wollen wir uns hier auf eine Betrachtung der analogen Wechselwirkung zweier entgegengesetzter formbildender Potenzen beschränken, welche gleicherweise bei den anorganischen Individuen, den Krystallen, die individuellen Form-Eigenthümlichkeiten zu bestimmen im Stande ist. Allerdings kann von Fortpflanzung und also auch von Erblichkeit bei den anorganischen Individuen nicht die Rede sein. Der Mangel an Imbibitionsfähigkeit verhindert die molekularen Bewegungen im Innern des Körpers, welche zur Fortpflanzung gleicherweise wie zur Ernährung nothwendig sind. Dagegen findet beim Wachsthum und bei der Entstehung der anorganischen Individuen, bei der Krystallisation, eine Function der Materie statt, welche wir wohl als Anpassung bezeichnen können, und welche auf die Anpassung der werdenden Organismen ein bedeutendes Licht wirft.

III. 4. Anpassung der organischen und anorganischen Individuen.

Die Anpassung oder Adaptation ist diejenige formbildende Function der Naturkörper, welche die unendlich mannichfaltigen individuellen Charactere bedingt, durch welche sich alle Individuen einer und derselben Art von einander unterscheiden.

Wir haben oben (p. 28), wo wir absichtlich die Differenzen in der

Form und Entstehung der organischen und anorganischen Individuen möglichst schroff gegenüber stellten, einen der wichtigsten Unterschiede darin gefunden, dass alle anorganischen Individuen, die einer und derselben Art angehören und dieselbe chemische Zusammensetzung haben, auch vollkommen dieselbe wesentliche Form zeigen und sich nur durch ihre absolute Grösse unterscheiden. Die Krystalle einer anorganischen Species zeigen nicht die durch die Variabilität bedingten individuellen Verschiedenheiten, welche alle verschiedenen Individuen einer und derselben organischen Species auszeichnen, und es bleibt daher auch die anorganische Art im Laufe der Zeit vollkommen unveränderlich, constant, während die organischen Species durch fortschreitende Divergenz ihrer variablen Individuen eine endlose Reihe ganz verschiedener Formen erzeugen. Da den Anorganen die Fortpflanzung fehlt, so fehlt ihnen auch die Fähigkeit der erblichen Uebertragung von solchen Characteren, die durch Anpassung erworben sind.

Dennoch bedarf unsere obige Bemerkung einer bedeutenden Einschränkung. Individuelle Verschiedenheiten finden sich auch unter den anorganischen Individuen ganz allgemein vor, und zwar sind sie die Folge der Anpassung an die Verhältnisse, unter denen das Krystall-Individuum sich bildete. Bei Untersuchung dieses wichtigen Verhältnisses muss man vor Allem immer im Auge behalten, dass bei der Entstehung aller individualisirten Naturkörper, bei der Bildung jedes Krystalls, wie bei der Bildung jedes Organismus, stets zwei verschiedene Principien oder gestaltende Mächte einander entgegenwirken. Das eine Princip ist beim Krystall wie beim Organismus die Summe der specifischen physikalischen und chemischen Eigenschaften, welche seiner Materie inhäriren. Beim Organismus, der sich nicht selbst erzeugt, sondern von anderen Individuen seines Gleichen durch Fortpflanzung erzeugt wird, sehen wir diese Erscheinung als die nothwendige Wirkung der Erblichkeit an, welche alle wesentlichen Eigenschaften des Organismus auf seine Nachkommen überträgt. Beim Krystall dagegen betrachten wir diese Erscheinung als den unmittelbaren Ausfluss seiner materiellen Constitution, d. h. der specifisch bestimmten Art und Weise, in welcher sich gesetzmässig eine bestimmte Anzahl von Atomen zu bestimmten Molekülen zusammensetzt. Durch einfache Attraction dieser Moleküle entsteht die characteristische Form des Krystalls. Eine schärfere Vergleichung ergiebt nun alsbald, dass auch in dieser Beziehung kein wesentlicher Unterschied zwischen den Organismen und Anorganen existirt. Denn auch die Erblichkeit beruht auf der materiellen Continuität des elterlichen und des von ihm erzeugten Organismus, und wir können die fundamentale Erscheinung der Erblichkeit, der erblichen Uebertragung biologischer Functionen, durch nichts Anderes erklären, als durch die Uebertragung der speci-

fisch constituirten Materie selbst. Die Erblichkeit der Organismen wirkt vollkommen aequivalent der atomistischen Constitution der Anorgane; hier wie dort ist es die Materie, welche sämmtliche allgemeinen Functionen (die Lebenserscheinungen der Organismen, die physikalischen und chemischen Kräfte der Anorgane) unmittelbar als Causa efficiens mit absoluter Nothwendigkeit bedingt.

Diesem mächtigen gestaltenden Princip, welches der Materie des sich bildenden Individuums (gleicherweise des Krystalls wie des Organismus) unmittelbar inhärirt, und welches wir demgemäss allgemein als die innere Gestaltungskraft oder den inneren Bildungstrieb bezeichnen werden, wirkt nun beständig und überall entgegen die zweite formbildende Macht, welche die zahllosen Eigenthümlichkeiten der individuellen Bildungen bedingt, durch die sich alle Einzelwesen jeder Art von einander unterscheiden. Diese nicht minder wichtige Function des werdenden, des sich gestaltenden Individuums können wir allgemein als Anpassung (Adaptatio, Accommodatio) bezeichnen, oder, im Gegensatz zu ihrem Antagonisten, als äussere Gestaltungskraft oder äusseren Bildungstrieb. Die allgemeine Existenz und Wirksamkeit dieser formbildenden Potenz wird einfach durch die Thatsache bedingt, dass kein einziger Naturkörper isolirt im Raume sich bildet und existirt, dass vielmehr sämmtliche Naturkörper sich bilden und existiren in Wechselwirkung mit den anderen Naturkörpern, welche sie unmittelbar von allen Seiten umgeben. Die allgemeine Wechselwirkung der gesammten Materie tritt uns hier als eines der obersten und wichtigsten Naturgesetze gegenüber, welches unmittelbar mit dem allgemeinen Causalgesetze zusammenhängt. Die innere Gestaltungskraft jedes Theils der Materie, der innere Bildungstrieb jedes einzelnen Naturkörpers, als die aus ihrer atomistischen Constitution unmittelbar entspringende Kraftsumme kann niemals rein und ungestört die individuelle Bildung vollenden. Denn beständig wird sie gestört von der entgegenwirkenden äusseren Gestaltungskraft der umschliessenden Materie, von dem äusseren Bildungstriebe aller einzelnen Naturkörper, welche sie unmittelbar oder mittelbar umgeben. Da nun die Summe dieser von aussen einwirkenden Kräfte überall eine verschiedenartige, überall aus verschiedenen Componenten zusammengesetzt ist, so muss auch ihre Wirkung auf ein und dieselbe Materie in jedem individuellen Falle verschieden sein, und lediglich diese Wechselwirkung jedes Individuums mit seiner gesammten Umgebung ist es, welche als Anpassung seine besonderen individuellen Charactere bedingt.

Versuchen wir diese äusserst wichtigen Fundamental-Verhältnisse der gesammten Körperwelt, welche für die anorganische und die organische Natur ganz gleiche Geltung haben, als allgemeines Gesetz zu formuliren, so liesse sich dieses etwa in folgenden Worten aus-

sprechen: Jeder Theil der aus Atomen zusammengesetzten Materie wirkt auf jeden anderen Theil der Materie, entweder anziehend (durch Attraction) oder abstossend (durch Repulsion). Diese Wirkung erzeugt in erster Linie Bewegungen der auf einander wirkenden Atome, welche sich zu bestimmten Atomgruppen oder Molekülen gesetzmässig, in bestimmten Zahlenverhältnissen verbinden. Diese Moleküle wirken nun ebenso wieder auf einander, entweder anziehend oder abstossend, und diese Wirkung erzeugt in zweiter Linie Bewegungen der aufeinander wirkenden Moleküle, welche aus dem flüssigen in den festflüssigen oder festen Aggregatzustand übertretend, sich zu bestimmten individuellen Formen gesetzmässig, in bestimmten Richtungen, verbinden (amorphe Körner, krystalloide Körner, Krystalle, Moneren, Zellen, mehrzellige Organismen). Bei der Bildung jedes individuellen Naturkörpers treten zwei formbildende Kräfte in Wechselwirkung, der innere Bildungstrieb, die unmittelbare Wirkung der existirenden Materie des Individuums selbst (die Summe der bewegenden Kräfte aller Moleküle, welche das Individuum zusammensetzen), und ihm gegenüber der äussere Bildungstrieb, die unmittelbare Wirkung der Materie, welche ausserhalb des Individuums existirt und dasselbe umgiebt, die Summe der bewegenden Kräfte aller Moleküle, welche ausserhalb des Individuums existiren und auf dasselbe von aussen bewegend (anziehend oder abstossend) einwirken. Der innere Bildungstrieb oder die innere Gestaltungskraft äussert sich bei Bildung der anorganischen Individuen entweder als Aggregation (amorpher Körner) oder als Krystallisation (unvollkommener Krystalloide oder vollkommener Krystalle), bei Bildung der organischen Individuen entweder als Aggregation (bei der Autogonie der spontan entstehenden Moneren-Organismen) oder als Erblichkeit (bei der Fortpflanzung elterlich erzeugter Organismen). Der äussere Bildungstrieb oder die äussere Gestaltungskraft äussert sich allgemein als Anpassung, bei Bildung der anorganischen Individuen, indem sie die verschiedene Grösse und die untergeordneten Eigenthümlichkeiten der äusseren Form bedingt, durch welche sich die einzelnen Krystall-Individuen derselben Art unterscheiden, bei Bildung der organischen Individuen dagegen, indem sie die individuellen Charactere, die verschiedene Grösse und die unendlich mannichfaltigen untergeordneten Eigenthümlichkeitender inneren und äusseren Form bedingt, durch welche sich die einzelnen Organismen derselben Art unterscheiden und welche nach Darwin's Divergenz-Lehre zur Bildung der verschiedenen Arten, Gattungen, Familien, Klassen u. s. w. führen. Die Anpassung der organischen und anorganischen Individuen unterscheidet sich nur insofern, als ihr verschiedener Aggregatzustand und ihre verschiedene atomistische Constitution hier bedingend wirken. Der festflüssige Aggregatzustand der Kohlenstoff-Verbindungen in den

Organismen, welche im Inneren des schon gebildeten Individuums eine fortwährende Bewegung der Moleküle, und eine Ersetzung der verbrauchten Stofftheile durch neue nicht allein erlaubt sondern auch bedingt, gestattet und verursacht durch diese beständigen inneren Veränderungen auch innere Anpassungen. Der feste Aggregatzustand der anorganischen Individuen dagegen, welcher keine Bewegung im Inneren des einmal gebildeten Individuums gestattet, ohne dessen individuelles Wesen zu vernichten, erlaubt dadurch zugleich auch keine innere Anpassung, sondern nur gewisse Anpassungen der von aussen neu sich ansetzenden Schichten, die wir im Gegensatz zu jenen äussere Anpassungen nennen können.

Die Anpassung der anorganischen Individuen, der Krystalle, ist für die Vergleichung derselben mit den Organismen äusserst wichtig, und da diese Verhältnisse bisher von den Biologen in dieser Beziehung sehr wenig gewürdigt sind, erlauben wir uns hier, ihre hohe Bedeutung besonders hervorzuheben.

Die äusseren Bedingungen, denen sich die Krystalle bei ihrer Entstehung anpassen (die äusseren Gestaltungskräfte) liegen theils in dem absoluten Grade der Temperatur, theils in dem relativen Zeitmaasse der Temperatur-Veränderung, bei welcher die Krystallisation stattfindet, theils in der Beimischung anderer Lösungen zu der Mutterlauge, aus welcher der Krystall entsteht, theils in der Mischung und Form der umgebenden festen Körper etc. Doch ist uns das Nähere über die gesetzliche Wirksamkeit dieser Anpassungs-Bedingungen zur Zeit noch grösstentheils unbekannt. Schon sehr feine Unterschiede in der Temperatur, in der Ruhe, in der Beimischung fremder Lösungen zu der Flüssigkeit, in der Form und Mischung des die Flüssigkeit umschliessenden Gefässes etc. vermögen in Grösse und Form der einzelnen Krystall-Individuen sehr beträchtliche Verschiedenheiten zu bedingen. Aber selten können wir ein bestimmtes gesetzliches Verhältniss zwischen der unmerklichen Ursache und der auffallenden Wirkung nachweisen. Im Ganzen genommen sind uns diese Gesetze und die bei der Bildung der Krystalle auftretenden Causalbeziehungen nicht besser bekannt, ihrem innersten Wesen nach aber sind sie uns vollkommen eben so räthselhaft, als die Causal-Gesetze, welche bei Entstehung der Organismen die verschiedenen individuellen Formen aus einfacher gemeinsamer Grundlage hervorgehen lassen.[1])

---

[1]) Von den verhältnissmässig wenigen Fällen, in denen wir die wirkenden Ursachen kennen, welche die abgeleiteten Krystallformen bedingen, hat Bronn in seinen morphologischen Studien (p. 36, 37) eine Reihe (grösstentheils von Frankenheim, Mitscherlich, Lavalle und Beudant beobachtete Erscheinungen) zusammengestellt. Als Hauptursachen für die Entstehung bestimmter abgeleiteter Krystall-Formen (eines und desselben Systems) werden dort angeführt. I. Die Anwesenheit stellvertretender und ausserwesentlicher Gemischtheile in dem Minerale oder in der Flüssigkeit, woraus sich dasselbe bildet, und II. Die Beschaffenheit der krystallinischen Unterlage. a) Reiner Kalkspath be-

Viel wichtiger aber, als die Thatsache, dass selbst sehr geringfügige äussere Einflüsse („Anpassungs-Bedingungen“) genügen, um sehr beträchtliche Differenzen in Grösse und Form-Complication der anschiessenden Krystalle hervorzurufen, welche in einer und derselben Flüssigkeit nach einem und demselben Krystall-Systeme sich bilden, ist der Umstand, dass solche äussere Ursachen selbst auf die Wahl des Krystall-Systems von Einfluss sind, welches der anschiessende Krystall annimmt, und dass geringe Veränderungen der äusseren Einflüsse genügen, um den Krystall im einen Falle nach diesem, im anderen nach jenem System sich bilden zu lassen. Hierher gehören die zahlreichen Fälle vom Polymorphismus (meistens Dimorphismus, selten Trimorphismus etc.) der Krystalle, bei denen man allerdings nur selten die Ursache kennt, warum derselbe chemische Körper das eine Mal dieses, das andere Mal jenes Krystall-System sich auswählt.

Den grössten Einfluss scheint in dieser Beziehung wieder der Temperaturgrad zu haben, bei welchem die Krystalle sich bilden, sowie der Unterschied, ob der krystallisirende Körper aus einer concentrirten Lösung sich absetzt, oder ob er aus dem geschmolzenen Aggregatzustand durch Abkühlung in den festen übergeht. So z. B. können lediglich Temperatur-Unterschiede den kohlensauren Kalk bestimmen, bald als Kalkspath im hexagonalen, bald als Arragonit im rhombischen Systeme zu krystallisiren. Geschmolzener Schwefel schiesst beim langsamen Erkalten in klinorhombischen Säulen an, während derselbe Schwefel aus einem tropfbar-flüssigen Medium, in welchem er gelöst ist, bei dessen Verdunstung oder langsamer Abkühlung in Rhomben-Oktaedern krystallisirt.

Noch viel merkwürdiger aber ist es, dass schon der Contact mit einem fremden heterogenen Krystalle genügt, den gelösten Körper zum Aufgeben seiner eigenen und zur Annahme dieser fremden Krystallform zu bewegen So erscheint der Kali-Salpeter, welcher dem rhombischen Krystall-Systeme angehört, in rhomoboedrischen, dem Kalkspath isomorphen Krystallen des hexagonalen Systems, wenn er sich auf einem Minerale dieses Krystallsystems als Unterlage bildet.

---

sitzt eine viel grössere Anzahl abgeleiteter Flächen, als der mit isomorphen Salzen gemischte. b) Im Inneren einer reinen Auflösung krystallisirt das Mineral gewöhnlich in seiner reinen Kernform, während die Beschaffenheit der umschliessenden Gefässwände oder fremde Beimischungen in der Flüssigkeit Modificationen der Kernform veranlassen. So z. B. krystallisirt Kochsalz in Würfeln, bei anwesender Borsäure in Kubo-Octaedern, bei anwesendem Harnstoff in Octaedern etc. c) Blei-Azotat krystallisirt aus saurer Flüssigkeit als enteckte Octaeder, aus neutraler als vollkommenes Octaeder. d) Jodkalium, welches sonst als Würfel krystallisirt, erscheint auf Glimmer in Octaeder-Form. e) Selbst die Lage des Krystalls ist bei langsamer Bildung von Einfluss; wenn derselbe locker auf dem Boden des Gefässes liegt, wird die aufliegende Fläche grösser, und entsprechend auch die gegenüberliegende. f) Die Winkel isomorpher Krystalle, welche bei 0° nur unbedeutend von einander verschieden sind, nehmen mit zunehmender Temperatur theils zu, theils ab, aber in verschiedenen Graden.

III) 5. Correlation der Theile in den organischen und anorganischen Individuen.

Von besonderer Bedeutung für die Analogie zwischen den organischen und anorganischen Individuen scheint uns endlich die Correlation oder Wechselbeziehung der Theile zu sein, welche gewöhnlich als eine besondere und charakteristische Eigenthümlichkeit der Organismen hingestellt wird, während sie doch in ganz ähnlicher Weise auch den Krystallen zukommt. In ähnlicher Weise, wie im Organismus alle einzelnen Theile unter einander und zum Ganzen in bestimmten, durch die Form des Organismus ausgedrückten Beziehungen stehen, so finden wir auch beim Krystalle, dass alle einzelnen Theile unter einander und zum Ganzen in bestimmten, durch die gesetzmässige Verschiedenheit der Cohäsion in bestimmten Richtungen (Axen) geregelten Beziehungen stehen. Diese nothwendige Wechselwirkung der Theile unter einander und auf das Ganze ist ganz ebenso im Organismus, wie im Krystall, durch die physikalischen Functionen und die chemische Zusammensetzung seiner Materie mit Nothwendigkeit bedingt.

Als Ausdruck dieser anorganischen Correlation der Theile betrachten wir zunächst das Symmetrie-Gesetz der Krystalle, wonach alle abgeleiteten Krystallformen, die als individuelle Variationen der Krystall-Grundformen auftreten, stets mehr oder minder symmetrisch modificirt auftreten. Alle gleichartigen Theile einer Krystallform erleiden bei Veränderung eines einzigen Theiles von ihnen dieser entsprechende Veränderungen. Wenn also eine Kante oder Ecke eines Octaeders durch eine bestimmte Fläche ersetzt wird, so müssen auch alle entsprechenden Kanten und Ecken desselben durch eine Fläche von gleicher Beschaffenheit ersetzt werden. Beim Quadrat-Octaeder, bei welchem die obere und untere Ecke von den vier unter sich gleichen (Quadrat-) Ecken des mittleren Umfangs verschieden sind, können zweierlei Ecken-Veränderungen (z. B. Abstumpfungen durch eine Fläche) eintreten, indem die eine Veränderung die correspondirende obere und untere Ecke, die andere Veränderung die vier anderen Ecken trifft. Beim Rhomben-Octaeder, wo alle sechs Ecken paarweis gleich, die drei Paare aber ungleich sind, können die sechs Ecken von drei verschiedenen Modificationen getroffen werden, indem jede Modification nur zwei gegenüberliegende Ecken trifft u. s. w. Die Krystallographie weisst nach, welche grosse Menge individuell verschiedener Krystallformen aus einer und derselben Grundform auf diese Weise, durch gleiche Modification entsprechender Ecken, Kanten und Flächen hervorgehen können. Die Betrachtung dieser Verschiedenheiten im Einzelnen berührt uns hier nicht, um so mehr aber das allgemeine Symmetrie-Gesetz, welches daraus hervorgeht, und welches zeigt, dass correspondirende (gleichartige oder gegenüberliegende) Theile des Krystalls in einer ebenso innigen Wechselbeziehung zu einander stehen, wie verschiedene correspondirende Theile eines Organismus. Vor allem sind es die Antimeren oder homotypischen Theile

(aber auch die Metameren oder homodynamen Theile), welche im Organismus in einer ganz ähnlichen Wechselbeziehung zu einander stehen, wie die entsprechenden symmetrischen (wir könnten fast sagen homotypischen) Theile des Krystalles.

Der einzige wesentliche Unterschied, welchen die Correlation der Theile in den organischen und anorganischen Individuen zeigt, besteht darin, dass dieselbe bei den Organismen, deren Substanz zeitlebens in innerer Bewegung und Umänderung bleibt, auch ihr ganzes Leben hindurch wirksam ist, während dieselbe bei den Krystallen sich nur während der Zeit ihrer Bildung äussern kann, in dem einmal gebildeten Krystalle aber, bei welchem keine innere Bewegung ohne Zerstörung mehr stattfindet, nicht mehr als lebendige Kraft bildend wirksam sein kann. Aeusserst lehrreich ist in dieser Beziehung ein Experiment von Lavalle. Dieser zeigte, dass, wenn man einem in der Bildung begriffenen Octaeder eine Kante wegschneidet und so eine künstliche Fläche bildet, eine ähnliche Fläche sich von selbst an der correspondirenden gegenüber liegenden Kante bildet, während die übrigen sich scharf ausbilden.

Alle diese Erscheinungen der symmetrischen Krystallbildung beweisen uns evident, dass die innere Structur und die äussere Form der Krystalle ebenso unmittelbar zusammenhängen, und dass der ganze Krystall ebenso ein organisches Ganzes ist, wie der Organismus. Alle einzelnen, den Körper zusammensetzenden Theile haben in dem einzelnen Krystalle ebenso eine innere Beziehung zu einander und zu der Totalität des ganzen Individuums, wie in dem einzelnen Organismus. Wir können in beiden Fällen, sowohl bei dem sich entwickelnden organischen Individuum, als bei dem in Bildung begriffenen anorganischen Individuum, dem Krystalle, keinen Theil verletzen oder durch Einwirkung bestimmter Bedingungen (Anpassung) modificiren, ohne zugleich dadurch auf andere, nicht unmittelbar betroffene Theile mit einzuwirken, und so das Ganze zu alteriren. Es besteht also ein innerer nothwendiger Zusammenhang, eine Wechselwirkung der Theile ebenso im Krystalle, wie im Organismus.

III) 6. Zellenbildung und Krystallbildung.

Bei der Vergleichung, welche wir im Vorhergehenden zwischen Organismen und Anorganen anstellten, haben wir als Typus der vollkommensten anorganischen Individuen die Krystalle und als Typus der einfachsten und unvollkommensten Organismen die Moneren *(Protogenes, Protamoeba)* hingestellt. In letzteren konnten wir durchaus keine differenten Theile unterscheiden, fanden vielmehr ihren gesammten Körper aus einer vollkommen homogenen, formlosen Eiweissmasse gebildet. Dieser in sich völlig gleichartige Plasmaklumpen ist ein selbstständiges organisches Individuum, begabt mit den beiden wichtigsten Lebensfunctionen, der Ernährung und Fortpflanzung (durch Theilung).

Aehnliche structurlose Primitiv-Organismen, wie sie hier als Moneren isolirt lebend auftreten, kommen auch häufig als mehr oder

minder selbstständige Elementartheile im Körperverbande anderer niederer Organismen (Protisten und niederer Pflanzen) vor, und versehen hier die Stelle der Zellen, welche in den meisten höheren Organismen fast allein die constituirenden Elementartheile (Individuen erster Ordnung) bilden. Der Begriff der organischen Zelle (Cellula, Cytos) ist, wie wir im dritten Buche begründen werden, auf diejenigen Elementartheile zu beschränken, welche aus zwei wesentlichen (und nie fehlenden!) Bestandtheilen bestehen, nämlich dem eiweissartigen festflüssigen Plasma (Protoplasma, Sarcode, Zellstoff) und dem vom Plasma eingeschlossenen Nucleus (Cytoblastus, Kern, Zellkern). Häufig, aber nicht immer, ist dieser kernhaltige Plasmakörper von einer (sehr verschieden gestalteten) vollständigen oder unvollständigen Membran eingeschlossen (Membrana cellulae, Zellhaut) und nach deren Mangel oder Anwesenheit können wir nackte Zellen oder Urzellen (Gymnocyta) und membranöse Zellen oder Hautzellen (Lepocyta) unterscheiden. Diesen echten, kernhaltigen Zellen, welche jetzt gewöhnlich allein als die eigentlichen Elementartheile der Organismen angesehen zu werden pflegen, stehen als wesentlich verschiedene, weil einfachere und unvollkommenere Elementartheile die von uns oben untersuchten homogenen Plasmaklumpen ohne Kern gegenüber, welche wir allgemein mit dem Namen der Plasmaklumpen oder Cytoden (zellenähnliche Elementar-Organismen) bezeichnen wollen. Solche frei lebende einfache Cytoden sind die Moneren (*Protogenes*, *Protamoeba*) und zahlreiche Protisten aus den Stämmen der Rhizopoden, Protoplasten etc. Man ist gewöhnt, diese einfachsten Organismen gewöhnlich als „einzellige“ Wesen anzusehen; indessen stehen sie noch tiefer als die wirklich einzelligen Organismen, da ihr eiweissartiger Körper völlig homogen ist, und sich noch nicht in Plasma und Kern differenzirt hat. Auch diese Cytoden können, gleich den Zellen, entweder ganz nackt (Gymnocytoda) oder von einer Haut umschlossen sein (Lepocytoda). Die Cytoden und die Zellen zusammen, welche wir im dritten Buche als morphologische Individuen erster Ordnung näher untersuchen werden, vereinigen wir unter dem Namen der Plastiden.

Da man die Cytoden, welche als vollkommen homogene Plasmakörper die einfachsten selbstständigen Elementar-Organismen sind, bisher gänzlich vernachlässigt und fast ausschliesslich die Zellen, welche durch die Differenzirung von Plasma und Nucleus schon eine höhere Organisationsstufe darstellen, als die einfachsten selbstständigen Elementar-Organismen betrachtet hat, so ist auch die unmittelbare Uebergangsbildung, welche die homogenen Cytoden (als einfachste organische Individuen) von den niederen einzelligen Organismen zu den höchsten individualisirten Anorganen, den Krystallen, herstellen, bisher noch

gar nicht gewürdigt worden. Es liegt aber zu Tage, dass sie wirklich von der grössten Bedeutung für die monistische Biologie sind, indem sie die von den Meisten für unüberwindlich gehaltene Kluft zwischen den Zellen und den Krystallen, mindestens in vielen Beziehungen, ausfüllen.

Ein allgemeiner Vergleich der Zellen mit den Krystallen und der Versuch, die Zellbildung in ähnlicher Weise wie die Krystallbildung auf einfache Molekular-Bewegungen der Materie zurückzuführen, stösst bereits auf sehr viel grössere Schwierigkeiten, weil wir in der Zelle schon mindestens zwei verschiedene Form-Elemente zu einem individuellen Ganzen verbunden haben, was bei den homogenen Cytoden noch nicht der Fall ist und bei den Krystallen niemals vorkommt. Um so wichtiger und interessanter ist es, dass wir bereits seit langer Zeit einen solchen Vergleich besitzen, der noch jetzt von hohem Werthe ist. Theodor Schwann nämlich hat in den epochemachenden „mikroskopischen Untersuchungen", durch welche er 1839 die Gewebelehre als besondere Wissenschaft neu begründete, den sehr anerkennenswerthen Versuch gemacht, in monistischem Sinne die Zellen als die eigentlichen Elementar-Organismen nachzuweisen, welche den Körper der höheren Organismen durch Aggregation zusammensetzen, und hat dabei die Zellen als die eigentlichen organischen Individuen mit den Krystallen als den anorganischen Individuen in Parallele gestellt. In der berühmten „Theorie der Zellen", welche den letzten Theil im dritten Abschnitte jenes Werkes bildet (p. 220—257) hat Schwann diesen Vergleich der Zellen mit den Krystallen durchzuführen versucht, und hat unseres Erachtens mit bewundernswürdiger Schärfe den schlagenden, wenn auch nicht vollständigen Beweis für die Theorie geführt, „dass die Bildung der Elementartheile der Organismen nichts als eine Krystallisation imbibitionsfähiger Substanz, der Organismus nichts als ein Aggregat solcher imbibitionsfähiger Krystalle ist."[1])

[1]) Für den vollständigen Beweis der Richtigkeit dieses Satzes hält Schwann noch den Nachweis zweier Punkte für nothwendig, nämlich: „I) dass die metabolischen Erscheinungen der Zellen ebenfalls wie die plastischen Erscheinungen nothwendige Folge der Imbibitionsfähigkeit, oder irgend einer anderen Eigenthümlichkeit der Zellensubstanz sind; II) dass, wenn sich eine Menge imbibitionsfähiger Krystalle bilden, diese sich nach gewissen Gesetzen zusammenfügen müssen, so dass sie ein, einem Organismus ähnliches, systematisches Ganze bilden." Was nun den ersten Punkt betrifft, so glaubt Schwann den Grund für die metabolischen Erscheinungen der Zellen „wahrscheinlicher in einer bestimmten Lage der Moleküle, die wahrscheinlich bei allen Zellen wesentlich dieselbe ist, als in der chemischen Zusammensetzung der Moleküle, die bei den verschiedenen Zellen sehr verschieden ist," finden zu müssen. Doch dürften wohl diese beiden Momente hier wirksam sein, und würde in letzterer Beziehung wohl vor Allem die complicirte chemische Zusammensetzung und die äusserst leichte Zer-

Es würde uns zu weit führen, wollten wir auf die Parallele zwischen der Krystallbildung und der Zellenbildung, welche Schwann so geistreich und scharfsinnig durchgeführt hat, hier näher eingehen. Wir können hier darauf um so eher verzichten, als die Membran der Plastiden (sowohl der kernhaltigen Zellen, als der kernlosen Cytoden, die Schwann nicht von den Zellen unterschied) in unseren Augen nicht mehr den hohen morphologischen und physiologischen Werth besitzt, den Schwann ihr beilegte; in der That fehlt sie ja häufig genug, und an den jugendlichen Plastiden fast immer. Nur darauf wollen wir noch besonders aufmerksam machen, wie einfach und klar derselbe den wesentlichen Unterschied im Wachsthum der Zellen und der Krystalle aus der Imbibitionsfähigkeit der ersteren erklärt. Der Krystall kann in Folge seines festen Aggregatzustandes nur durch schichtweise Apposition von aussen wachsen, und die einmal gebildeten Theile des Krystalls bleiben ganz unverändert, während die Zelle vermöge ihres festflüssigen Quellungszustandes durch Intussusception nach innen hinein neue Theile aufnehmen und durch nachträgliche Einwirkung derselben auch im Innern bereits gebildete Theile verändern kann.[1]) Aber

---

setzbarkeit der Eiweisskörper, welche stets das Plasma, die eigentliche active (plastische) „Lebensmaterie" bilden, zu berücksichtigen sein, ferner die leichte und schnelle Zersetzungsfähigkeit dieser Eiweissverbindungen, und ihre Neigung, die eigenen Zersetzungsbewegungen auf die umgebenden Stoffe zu übertragen, wodurch sie dieselben schon zur Assimilation vorbereiten. Was dann den zweiten von Schwann berührten Punkt angeht, so finden wir dessen Erklärung in Darwin's Theorie der natürlichen Züchtung im Kampfe um das Dasein, welche auf die einzelnen Plastiden (Zellen und Cytoden), ebenso allgemein angewandt werden kann und muss, wie auf die einzelnen Organismen. Es ist also nicht ein vorbedachter zweckmässiger Plan, welcher die einzelnen Cytoden und Zellen („die imbibitionsfähigen Krystalle") zu dem „systematischen Ganzen" des Organismus zusammenfügt, sondern diese scheinbar zweckmässige Combination erfolgt durch die gegenseitige nothwendige Wechselwirkung, welche die aggregirten Zellen auf einander ausüben, nach den Gesetzen der Differenzirung und Divergenz des Characters, der Erblichkeit und Anpassung.

[1]) Eine allgemeine und höchst wichtige Structur-Eigenthümlichkeit der Krystalle ist ihre Schichtung, ihre innere Zusammensetzung aus Blättern, welche gewissen Flächen parallel laufen. „Die Existenz dieser Schichtung setzt eine doppelte Art der Apposition der Moleküle in den Krystallen voraus: in jeder Schicht nämlich verschmelzen die neu sich ansetzenden Moleküle mit den schon vorhandenen dieser Schichte zu einem Continuum; diejenigen Moleküle aber, welche die einander berührenden Flächen zweier Schichten bilden, verschmelzen nicht mit einander. Die mit einander verschmelzenden Moleküle lagern sich mithin mehr der Fläche nach neben einander, als der Dicke nach über einander ab, so dass jede Schicht auch nur eine bestimmte Dicke erreichen kann." Nimmt man nun mit Schwann an, dass dieses Grundgesetz der Krystallbildung auch für die Zellen gilt, und dass die Zellen „imbibitionsfähige Krystalle" sind, so muss bei ihnen die Schichtenbildung ebenso wie bei den anorganischen Krystallen eintreten. Auch hier wird nur in den einzelnen Schichten (nicht zwischen denselben) eine möglichst innige Verbindung der Moleküle stattfinden. Wegen

nicht allein das Wachsthum der Zellen, sondern auch ihre erste spontane Entstehung (bei der „freien" Zellbildung in einem Cytoblastem), die Differenzirung von Kern und Kernkörperchen, Plasma und Membran, lassen sich nach Schwann in der einfachsten Weise aus gleichen molekularen Bewegungsvorgängen (Anziehung und Abstossung der Moleküle in gewissen Richtungen) ableiten, wie dies bei Erklärung der Krystallbildung möglich ist. Die Theorie der organischen Zellenbildung auf diesem rein mechanischen Wege hat nach Schwann's geistreichem Versuche nicht mehr Schwierigkeit, als die Theorie der anorganischen Krystallbildung. Wir müssen diesen Versuch um so mehr bewundern, als zu jener Zeit (vor 27 Jahren) fast nur die höheren und vollkommeneren Zellformen bekannt waren, als damals noch drei oder vier Bestandtheile, (Kernkörperchen, Kern, Inhalt und Membran) für integrirende Zellbestandtheile galten und als man von den unentwickelteren Plastiden, den membranlosen Zellen und den kernlosen Cytoden noch keine sicheren Kenntnisse hatte. Durch die Erkenntniss der letzteren, welche (insbesondere die homogenen Gymnocytoden) gewissermaassen unmittelbare Uebergangsformen von den aus heterogenen Theilen zusammengesetzten Zellen zu den homogenen Krystallen bilden, hat die Vergleichung derselben mit „imbibitionsfähigen Krystallen" noch bedeutend an Sicherheit gewonnen. Wir zweifeln mit Schwann nicht daran, dass es lediglich der Unterschied der complicirteren atomistischen Zusammensetzung der organischen Kohlenstoff-Verbindungen und besonders ihr festflüssiger Aggregatzustand, ihre Imbibitionsfähigkeit ist, welche die organischen Individuen erster Ordnung in Form von Plastiden (Cytoden und Zellen) auftreten lässt, während die binär zusammengesetzte und nicht quellungsfähige anorganische Materie ihren individuellen Bildungen die Krystallform giebt. Damit ist aber auch der mechanische Ursprung der Lebenserscheinungen

ihrer Imbibitionsfähigkeit ist aber „eine viel innigere Vereinigung derselben möglich, indem hier die neuen Moleküle sich durch Intussusception zwischen die vorhandenen ablagern können." Die Zahl der Moleküle, welche sich in jeder Schicht ablagern können, ist nun hier bei den Zellen nicht bestimmt beschränkt, wie bei den Krystallen. Wenn nun die Ablagerung der Moleküle neben einander in einer Schichte, und damit das Wachsthum der Schichte fortdauert, ohne dass sich eine neue Schichte bildet, „so wird die wachsende Schichte zunächst mehr condensirt; d. h. sie nimmt in denselben Raum mehr feste Substanz auf; dann aber wird sie sich ausdehnen und von dem fertigen Theil des Krystalls trennen, so dass zwischen ihr und dem Krystall ein hohler Zwischenraum entsteht, der sich durch Imbibition mit Flüssigkeit füllt. So erhalten wir also bei imbibitionsfähigen Körpern, statt einer neuen Schichte, die sich an die früher gebildeten Theile des Krystalls ansetzt, ein hohles Bläschen," welches durch Imbibition sehr bald eine rundliche Gestalt annehmen muss (falls es vorher, einem Krystallmantel entsprechend, eckig war). „Allein der früher gebildete Theil des Krystalles besteht ebenfalls aus imbibitionsfähiger Substanz, und es ist desshalb noch sehr zweifelhaft, ob er überhaupt eine eckige Form haben muss," gleich den meisten anorganischen nicht imbibitionsfähigen Krystallen. Die scharfsinnige weitere Ausführung dieses sehr wichtigen Vergleiches ist bei Schwann selbst nachzusehen (p. 241—251).

dargethan. Sowie sämmtliche physikalische Functionen des Krystalls aus seiner chemischen Mischung und der dadurch bedingten Form, so gehen auch sämmtliche Lebenserscheinungen der Plastide (und somit jedes Organismus) aus ihrer chemischen Mischung und der dadurch bedingten Form als nothwendige Wirkungen hervor.

IV. Einheit der organischen und anorganischen Natur.

Wir haben in den drei vorhergehenden Abschnitten die Uebereinstimmungen und die Unterschiede zu schätzen und zu messen versucht, welche die beiden grossen Hauptgruppen der irdischen Naturkörper, Organismen und Anorgane, hinsichtlich ihres Stoffes, ihrer Form und ihrer Function zeigen. Als das allgemeine Resultat dieser Vergleichung können wir nun schliesslich folgenden Satz aufstellen: „Alle uns bekannten Naturkörper der Erde, belebte und leblose, stimmen überein in allen wesentlichen Grundeigenschaften der Materie, in ihrer Zusammensetzung aus Massen-Atomen und darin, dass ihre Formen und ihre Functionen die unmittelbaren und nothwendigen Wirkungen dieser Materie sind. Die Unterschiede, welche zwischen beiden Hauptgruppen von Naturkörpern hinsichtlich ihrer Formen und Functionen existiren, sind lediglich die unmittelbare und nothwendige Folge der materiellen Unterschiede, welche zwischen Beiden durch die verschiedenartige chemische Verbindungs-Weise der in sie eintretenden Elemente bedingt werden. Die eigenthümlichen Bewegungs-Erscheinungen, welche man unter dem Namen des „Lebens“ zusammenfasst, und welche die eigenthümlichen Formen der Organismen bedingen, sind nicht der Ausfluss einer besonderen (innerhalb oder ausserhalb des Organismus befindlichen) Kraft (Lebenskraft, Bauplan, wirkende Idee etc.), sondern lediglich die unmittelbaren oder mittelbaren Leistungen der Eiweisskörper und anderer complicirter Verbindungen des Kohlenstoffs.“

Eine eingehendere Untersuchung und Vergleichung der individuellen Organismen und Anorgane hinsichtlich ihrer materiellen Zusammensetzung und der daraus unmittelbar resultirenden Form und Function wird leicht noch zahlreichere und schlagendere Beweise für die obigen Sätze sammeln können, als uns hier auf dem beschränkten Raum möglich war. Wir müssen uns daher begnügen, einige der wichtigsten Punkte hier besonders hervorgehoben zu haben, und müssen das Weitere einer künftigen synthetischen Untersuchung anheimgeben. Für uns kam es hier vor Allem darauf an, der bisher ganz einseitig ausgebildeten analytischen Unterscheidung der beiderlei Körper nun auch einmal ihre synthetische Vergleichung gegenüberzustellen und das weitverbreitete Dogma zu beseitigen, dass das „Leben“ etwas ganz Besonderes, absolut von der leblosen Natur Verschiedenes und von ihr Unabhängiges sei. Dass dies keineswegs der Fall sei, und dass nur relative Differenzen die leblosen und belebten Naturkörper trennen, glauben wir hinsichtlich aller drei Erscheinungs-Reihen, der stoff-

lichen Zusammensetzung und der daraus resultirenden körperlichen Form und functionellen Leistung gezeigt zu haben. Wir fassen die wichtigsten Vergleichungspunkte hier kurz zusammen.

I) Die chemischen Urstoffe oder unzerlegbaren Elemente, welche die lebendigen und die leblosen Naturkörper zusammensetzen, sind dieselben Es giebt kein Element, welches nur in den Organismen vorkäme. Dagegen ist ein Element, der Kohlenstoff, welches auch in der leblosen Natur als Krystall-Individuum auftritt (als Diamant, als Graphit), dasjenige, welches in keinem Organismus fehlt, und welches durch seine ausserordentliche, keinem anderen Elemente eigene, Neigung zu verwickelteren Verbindungen mit den anderen Elementen, diejenige unendliche Mannichfaltigkeit der „organischen Stoffe" erzeugt, welche die unendliche Mannichfaltigkeit der organischen Formen und Lebenserscheinungen hervorbringen. Eine der wichtigsten Eigenschaften vieler dieser Kohlenstoff-Verbindungen ist ihre Fähigkeit, den festflüssigen Aggregatzustand anzunehmen, welcher in den Anorganen niemals vorkommt. Auf dieser Imbibitionsfähigkeit der organischen Materie, auf ihrer verwickelten atomistischen Zusammensetzung und auf ihrer leichten Zersetzbarkeit beruhen die sämmtlichen eigenthümlichen Bewegungs-Vorgänge, welche wir als die charakteristischen Erscheinungen des Lebens ansehen.

II) Die Organismen treten sämmtlich, die Anorgane theilweise in Form von räumlich abgeschlossenen Einzelkörpern oder Individuen auf. Die unvollkommensten organischen Individuen, die Moneren oder structurlosen Plasma-Individuen, stimmen mit den vollkommensten anorganischen Individuen durch die homogene Beschaffenheit ihres structurlosen Körpers mehr überein, als mit den höheren, aus Individuen verschiedener Ordnung zusammengesetzten Organismen. Diese Zusammensetzung des Individuums aus ungleichartigen Theilen ist allerdings den meisten, aber nicht allen Organismen eigenthümlich, und desshalb kein absolut unterscheidender Character von den Krystallen, welche ihrerseits ebenfalls bisweilen in Mehrzahl zur Bildung von Individuen höherer Ordnung zusammentreten (Krystallstöcken). In gleicher Weise wie die Organismen besitzen auch die Krystalle eine innere Structur, und zeigen gesetzmässige Beziehungen der einzelnen Theile unter einander und zum Ganzen. Die äussere gesetzmässige Form ist hier wie dort der Ausdruck und das Resultat der inneren Structur, und hier wie dort durch die Wechselwirkung zweier formbildender Triebe oder Kräfte bedingt, des inneren Bildungstriebes (der materiellen Zusammensetzung) und des äusseren Bildungstriebes (der Anpassung). Sowohl den organischen als den anorganischen Individuen liegt meistens eine bestimmte stereometrische Grundform zu Grunde, welche bei den Krystallen meistens prismoid ist. Doch ist die prismoide Grundform der Krystalle (von ebenen Flächen, geraden Linien und messbaren Ecken begrenzt) nicht ausschliesslich für die anorganischen Individuen charakteristisch, da dieselbe sowohl bei vielen niederen Organismen (Radiolarien) vorkommt, als auch bei anderen anorganischen Individuen (Diamant-Krystallen und anderen krummflächigen Krystallen) fehlt. Wir können also so wenig in der individuellen Bildung, als in der formellen Zusammensetzung der Individuen, ebensowenig

in der äusseren Form, als in der inneren Structur, ebensowenig in der stereometrischen Grundform, als in deren vielfältiger äusserlicher Modification, kurz, wir können in keiner Beziehung irgend einen absoluten, in allen Fällen durchgreifenden formellen Unterschied zwischen Organismen und Anorganen auffinden.

III) Die Functionen, Leistungen oder Kräfte der Naturkörper sind entweder feinere oder gröbere Bewegungen ihrer materiellen Theilchen, der Atome und der aus ihnen zusammengesetzten Moleküle. Sie sind also unmittelbare Ausflüsse der materiellen chemischen Zusammensetzung des Naturkörpers. Weil diese Leistungen bei den Organismen sehr viel mannichfaltiger und zusammengesetzter sind, als bei den Anorganen, bezeichnen wir sie als „Lebens-Erscheinungen". Die einfachen, elementaren Functionen der Materie kommen sämmtlich, und die verwickelteren Functionen zum grossen Theil den Organismen und Anorganen in gleicher Weise zu; zum Theil aber (Lebensthätigkeiten im engeren Sinne) kommen die letzteren den Organismen ausschliesslich zu. Eine der wichtigsten und allgemeinsten körperlichen Functionen, welche allen leblosen und belebten individuellen Naturkörpern gemeinsam zukömmt, ist das Wachsthum der Individuen. Die Verschiedenheiten, welche sich im Wachsthum der organischen und anorganischen Individuen finden, sind in der verwickelteren chemischen Zusammensetzung und der Imbibitionsfähigkeit vieler Kohlenstoff-Verbindungen begründet. Aus diesen Verschiedenheiten des Wachsthums resultiren dann aber mit Nothwendigkeit für die Organismen die weiteren specifischen Lebens-Erscheinungen der Ernährung und Fortpflanzung, denen sich bei den höheren Organismen noch die complicirtesten Functionen der Ortsbewegung und Empfindung anschliessen. Wir sehen also im Ganzen, erstens, dass die anorganischen und organischen Individuen eine gewisse Summe von Leistungen in gleicher Weise ausüben, und zweitens, dass diejenigen zusammengesetzteren Leistungen, welche als Lebenserscheinungen im engeren Sinne den Organismen eigenthümlich sind (allgemein Ernährung und Fortpflanzung), lediglich in der verwickelteren chemischen Zusammensetzung der Kohlenstoff-Verbindungen und in den daraus resultirenden physikalischen Eigenthümlichkeiten (vor Allem der Imbibitionsfähigkeit) ihren unmittelbaren materiellen Grund haben.

Alle bekannten Erfahrungen zusammengenommen zwingen uns also zu der Ueberzeugung, dass die Differenzen zwischen den Organismen und Anorganen nur relativ, lediglich in der verwickelteren chemischen Zusammensetzung der Kohlenstoff-Verbindungen begründet sind, und dass die Materie hier wie dort denselben Gesetzen der Naturnothwendigkeit unterworfen ist. Diese feste Ueberzeugung ist von der grössten Wichtigkeit, sowohl allgemein für die allein richtige monistische Beurtheilung der Gesammt-Natur, als auch besonders für die richtige Beantwortung einer der schwierigsten biologischen Fragen, derjenigen von der Entstehung der ersten Organismen. Indem wir diese Frage im Folgenden zu beantworten versuchen, stützen wir uns unmittelbar auf jene feste Ueberzeugung von der Einheit der organischen und anorganischen Natur.

Sechstes Capitel.

Schöpfung und Selbstzeugung.

„Was wär' ein Gott, der nur von aussen stiesse,
Im Kreis das All am Finger laufen liesse!
Ihm ziemt's, die Welt im Innern zu bewegen,
Natur in Sich, Sich in Natur zu hegen,
So dass was in Ihm lebt und webt und ist,
Nie Seine Kraft, nie Seinen Geist vermisst."

Goethe.

I. Entstehung der ersten Organismen.

Alle grossen Erscheinungsreihen der organischen Natur, alle allgemeinen Resultate der zoologischen und botanischen, morphologischen und physiologischen Forschungen, führen uns übereinstimmend mit zwingender Gewalt zu dem gesetzlichen Schlusse, dass sämmtliche Organismen, welche heutzutage die Erde beleben, und welche sie zu irgend einer Zeit belebt haben, durch allmählige Umgestaltung und langsame Vervollkommnung sich aus einer verhältnissmässig geringen Anzahl von höchst einfachen Urwesen (Protorganismen) entwickelt haben. Diese Entwickelung geschah und geschieht auf dem Wege der materiellen Fortpflanzung, der elterlichen Zeugung, nach den Gesetzen der Erblichkeit und der die Erblichkeit modificirenden Variabilität und Anpassung. Alle, auch die höchsten und complicirtesten Organismen können nur auf diesem Wege, durch allmählige Differenzirung und Transmutation von einfachsten und niedrigsten Lebewesen enstanden sein.

Dieses äusserst wichtige Entwickelungs-Gesetz bildet den Kern derjenigen Theorie, welche wir ein für alle Mal kurz als die Abstammungslehre oder Descendenz-Theorie bezeichnen wollen, und deren Begründung wir vor Allen Lamarck, Goethe und Darwin verdanken. Sie zeigt uns, in Uebereinstimmung mit allen fest-

stehenden Erfahrungen, wie aus den einfachsten und unvollkommensten Urwesen sich die höchsten und vollkommensten Organismen allmählig durch Divergenz nach verschiedenen Richtungen haben hervorbilden können. Diese Entwickelungstheorie lässt aber eine grosse und zunächst sich daran anknüpfende Frage unbeantwortet, nämlich: „**Wie entstanden jene ersten und einfachsten Lebewesen, aus denen sich alle übrigen, vollkommeneren Organismen allmählich entwickelten?**“

Die Beantwortung dieser äusserst wichtigen Frage von der ersten Entstehung des Lebens auf der Erde wird von den meisten Menschen, und selbst von sehr vielen Biologen, als eine ausserhalb aller exacten Naturforschung liegende, oder selbst als eine der Competenz unserer menschlichen Erkenntniss entzogene Frage bezeichnet. Wir können keiner von diesen Ansichten beipflichten, und müssen den, freilich sehr gewagten Versuch, die Frage hypothetisch zu beantworten, ebenso als unser gutes Recht, wie als unsere nothwendige Pflicht bezeichnen, wenn wir überhaupt die Erscheinungen der organischen Natur monistisch, d. h. causal erklären wollen.

Nichts zeigt wohl so sehr die äusserst niedrige Stufe der Entwickelung, auf der sich die gesammte Biologie, sowohl Morphologie als Physiologie, noch gegenwärtig befindet, als der Umstand, dass wir zunächst die **Berechtigung dieser Frage**, die doch jedem denkenden Menschen selbstverständlich erscheinen sollte, ausdrücklich hervorheben müssen. Denn so weit ist noch die herrschende Betrachtungsweise der Organismen vermöge ihres grundverkehrten Dualismus von der allein wissenschaftlichen Erkenntniss d. h. dem monistischen Verständniss der organischen Naturerscheinungen entfernt, dass nicht nur die meisten Laien, sondern selbst die meisten Naturforscher die Berechtigung jener Frage bestreiten, und sie als eine solche bezeichnen, zu deren wissenschaftlichen Erörterung wir weder befugt, noch befähigt seien.

Die Frage nach dem ersten Ursprung des Lebens auf der Erde, nach der Entstehung jener ersten, einfachsten Organismen, aus denen alle übrigen durch allmählige Umbildung sich entwickelten, ist nach unserer Ansicht vollkommen ebenso berechtigt, und muss von der Naturwissenschaft ebenso nothwendig gestellt werden, wie die Frage nach der Entstehung der Erde selbst, die Frage nach der Entstehung der anorganischen Naturkörper. Wie wir bei den letzteren sowohl die Thatsachen ihres allmähligen Werdens, als auch die Ursachen desselben in den Kreis unserer Forschung zu ziehen haben, so verhält es sich auch mit den Organismen. Wir werden also in diesem Capitel ebensowohl uns eine Theorie über die erste Entstehung der Organismen, wie über die Ursachen derselben zu bilden haben. Und wir sind hier um so mehr dazu verpflichtet, als **Darwin** in seinem classischen Werke gerade hier eine sehr empfindliche Lücke gelassen und erklärt hat, dass er „Nichts mit dem Ursprung der geistigen Grundkräfte, noch

mit dem des Lebens selbst zu schaffen habe".[1]) Selbst viele von denjenigen Naturforschern und Philosophen, welche geneigt sind, die sämmtlichen Erscheinungen des bestehenden Lebens gleich allen anderen Naturerscheinungen als nothwendige Folgen mechanisch wirkender Ursachen, also monistisch zu erklären, nehmen für die erste Entstehung der lebenden Wesen zu der dualistischen Annahme einer freien Schöpfung ihre Zuflucht. Sie verzichten auf die rein causale, d. h. mechanische Erklärung der Entstehung des ersten Lebens, theils weil sie dadurch mit einigen der ältesten und stärksten von unseren allgemein herrschenden grossen Vorurtheilen zu collidiren fürchten, theils weil sie die Möglichkeit einer solchen Erklärung nicht einsehen.

In letzterer Beziehung sei nun zunächst hier hervorgehoben, dass selbst Kant, der für die gesammte organische Natur die dualistisch-teleologische, für die gesammte anorganische Natur aber die monistisch-mechanische Betrachtungsmethode und Erklärungsweise consequent durchführte, der letzteren zugestand, dass sie auch zur Erklärung der organischen Naturerscheinungen vollkommen berechtigt, und nur nicht dazu befähigt sei. Wir würden also, selbst nach Kant, wenn wir die Möglichkeit einer mechanischen Erklärung für die Entstehung des Lebens nachweisen, des Gesuches um Berechtigung hierzu gewiss überhoben sein. Doch ist das entgegenstehende Vorurtheil, welches sich durch die vererbten Irrthümer von Jahrtausenden ausserordentlich befestigt hat, so mächtig, dass wir nicht umhin können, hier die Unmöglichkeit einer sogenannten Schöpfung darzuthun und die Nothwendigkeit der Annahme einer Autogonie, d. h. einer mechanischen Entstehungsweise der ersten Lebensformen auf der Erde zu beweisen.

---

[1]) Aus dieser und aus verschiedenen Stellen seines epochemachenden Werkes, an denen man ein Eingehen auf die vorliegende Frage erwarten sollte, geht hervor, dass Darwin dieselbe absichtlich nicht berührt, und vollständig auf deren wissenschaftliche Beantwortung verzichtet, indem er annimmt, dass jenen einfachsten Urformen (gleichviel ob einer oder mehreren) „das Leben zuerst vom Schöpfer eingehaucht worden sei." Ich habe bereits 1862 in meiner Monographie der Radiolarien (p. 232), in welcher ich mich entschieden für Darwins Theorie ausgesprochen habe, bemerkt, dass der grösste Mangel derselben darin liege, dass sie für die Entstehung der Urorganismen, aus denen alle anderen sich allmählig hervorgebildet haben, gar keine Anhaltspunkte liefert, und dass man für diese ersten Species keinen besonderen Schöpfungs-Akt annehmen dürfe. In der That erscheint mir (wie dies auch von Gegnern Darwins hervorgehoben worden ist) die Annahme einer „Schöpfung" jener Urformen im gewöhnlichen Sinne als ein so widerspruchsvoller Dualismus und so unvereinbar mit dem sonst durchaus monistischen Geiste und Werke des grossen englischen Naturforschers, dass wir annehmen müssen, er sei absichtlich dieser allerdings gefährlichen und zu vielen Conflicten Anlass gebenden Schwierigkeit aus dem Wege gegangen. Wir können uns hier um so weniger entschliessen, auf die Beantwortung dieser Frage zu verzichten, als der ganze causale Zusammenhang der Descendenz-Theorie dieselbe durchaus erfordert, und erst dadurch die letzte Lücke in dem vollendeten kosmologischen Systeme des Monismus ausgefüllt wird.

II. Schöpfung.

Wenn wir alle die unendlich verschiedenen und mannichfaltigen Ansichten vergleichend in Erwähnung ziehen, welche von denkenden Menschen aller Zeiten über die erste Entstehung des Lebens auf der Erde aufgestellt worden sind, so können wir sie allesammt in zwei schroff gegenüberstehende Gruppen bringen, deren Losungswort Schöpfung und Urzeugung ist. Bei weitem die grössere Mehrzahl aller jener Ansichten ist dualistisch und glaubt an eine Schöpfung, d. h. an eine Entstehung der ersten lebendigen Wesen durch eine ausserhalb der Materie befindliche, zweckmässig wirkende Kraft. Nur verhältnissmässig wenige Ansichten sind monistisch und nehmen eine Urzeugung an, d. h. eine erste Entstehung lebendiger Körper durch die ureigenen, der Materie inne wohnenden, mit absoluter Nothwendigkeit gesetzlich wirkenden Kräfte.

Die vielen verschiedenartigen Schöpfungs-Theorieen weichen hauptsächlich darin von einander ab, dass die einen einen individuellen Schöpfungsakt für jeden einzelnen Organismus, die anderen einen besonderen Schöpfungsakt für jede „Species" (aus der sich ihre Nachkommen durch natürliche Fortpflanzung entwickeln), die dritten endlich eine Schöpfung nur für jene einfachsten Urorganismen fordern, aus denen sich alle übrigen „Species", gemäss der Descendenz-Theorie, allmählig entwickelt haben. Von diesen drei verschiedenen Ansichten brauchen wir blos die letzte hier zu discutiren. Denn die erste Annahme, dass jeder individuelle Organismus (z. B. jeder einzelne Tannenbaum, jede einzelne Diatomee, jede einzelne Stubenfliege, jeder einzelne Mensch) für sich vom Schöpfer besonders erschaffen sei, ist zwar unter den Menschenkindern (auch den sogenannten „Gebildeten") noch sehr weit verbreitet, widerspricht aber so sehr den einfachsten und allgemeinsten naturwissenschaftlichen Erfahrungen, dass sie von keinem einzigen wahren Naturforscher mehr vertheidigt wird. Nicht so ist es mit der zweiten oben angeführten, übrigens nicht minder unwissenschaftlichen Ansicht, dass jede sogenannte „Species oder Art" einem besonderen Schöpfungsakt ihre Entstehung verdanke, dass also von jeder Species einmal eines oder mehrere Individuen geschaffen worden sind, von denen alle übrigen auf dem Wege natürlicher Fortpflanzung erzeugt worden sind. Diese auch unter den Naturforschern noch weit verbreitete und gewöhnlich mit dem absurden Species-Dogma verkettete Ansicht bedarf hier ebenfalls keiner Widerlegung, da wir unten die Species selbst als eine ganz willkührliche und künstliche Abstraction, und die Vorstellung ihrer absoluten Constanz als ganz unhaltbar nachweisen werden. Wir haben also nur noch die letzte (auch von Darwin getheilte) Schöpfungs-Hypothese zu widerlegen,

welche annimmt, dass die wenigen einfachsten Stammformen, aus welchen alle übrigen durch allmählige Differenzirung sich entwickelt haben, unmittelbar „erschaffen" worden sind. Da wir diese Annahme dadurch widerlegen müssen, dass wir die Schöpfung überhaupt als undenkbar nachweisen, so werden dadurch zugleich sämmtliche übrige Schöpfungs-Annahmen widerlegt.

Der Begriff der Schöpfung ist entweder überhaupt undenkbar oder doch mit jeder reinen, auf empirische Basis gegründeten Naturanschauung vollkommen unverträglich. In der Abiologie ist auch nirgends mehr von einer Schöpfung die Rede, und nur in der Biologie ist man noch vielfach von diesem Irrthum befangen. Vollkommen undenkbar ist der Begriff der Schöpfung, wenn man darunter „ein Entstehen von Etwas aus Nichts" versteht. Diese Annahme ist ganz unvereinbar mit einem der ersten und obersten Naturgesetze, welches auch allgemein anerkannt ist, dem grossen Gesetze nämlich, das alle Materie ewig ist, und dass nicht ein einziges Atom aus der Körperwelt verschwinden, so wenig als ein einziges neues hinzukommen kann. Der einzige denkbare Sinn, welcher daher für den Begriff der Schöpfung übrig bleibt, ist die Vorstellung, dass durch eine ausserhalb der Materie stehende Kraft Bewegungserscheinungen der Materie hervorgerufen werden und dass diese zur Bildung bestimmter Formen führen; gewöhnlich versteht man darunter speciell die Bildung individueller, vorzüglich organischer Formen, und in unserem speciellen Falle die Bildung jener einfachsten organischen Urformen. Die Annahme einer jeden solchen Schöpfung ist nun deshalb durchaus unstatthaft, weil wir in der ganzen Körperwelt, welche unserer naturwissenschaftlichen Erkenntniss zugänglich ist, nicht ein einziges Beispiel von einer ausser der Materie stehenden Kraft empirisch kennen. Alle Kräfte, die wir kennen, von den einfachen „physikalischen" Kräften (z. B. der Lichtbrechung, Wärmeleitung) anorganischer Krystalle, bis zu den höchsten Lebenserscheinungen der Organismen (bis zu der Blüthenbildung der Bäume, bis zu dem Fluge der Insekten, bis zu den philosophischen Gehirn-Operationen des Menschen) sind mit absoluter Nothwendigkeit an die Materie gebunden, und ebenso ist jede Materie (organische und anorganische) nothwendig mit einer gewissen Summe von Kräften begabt. Einerseits also haben wir nicht einen einzigen, auch nur wahrscheinlichen Erfahrungsbeweis für die Existenz einer solchen, die Materie von aussen beherrschenden und „schaffenden" Kraft (mag man dieselbe nun Lebenskraft, Schöpferkraft, oder wie immer nennen); andererseits aber gehört nur ein wenig tieferes Nachdenken dazu, um zu der festen Ueberzeugung zu gelangen, dass eine solche Kraft ganz undenkbar ist. Wie sollen wir uns eine Kraft ausserhalb der Materie nur irgend vorstellen, eine Kraft, der jeder Angriffspunkt, welchen

die Materie bietet, als solcher unangreifbar ist? Eine Kraft, welche materielle Bewegungserscheinungen hervorruft, ohne selbst materiell zu sein? Eine Kraft, die eine Bewegung ohne Anziehung und ohne Abstossung, mithin eine Wirkung ohne Ursache hervorrufen würde? Wir gestehen offen, dass wir persönlich vollkommen unfähig sind, uns irgend eine denkbare Vorstellung von einer solchen immateriellen Kraft zu machen, und dass wir unter den zahllosen Definitionen und Darstellungen, welche von solchen immateriellen Kräften unter den verschiedensten Namen gegeben werden, nicht eine einzige gefunden haben, die nicht vollständig mit den allgemeinsten und unmittelbarsten sinnlichen Erfahrungen, sowie mit den wichtigsten und obersten Grundgesetzen der Naturwissenschaft (und vor Allem mit dem Causal-Gesetze) unvereinbar wäre.[1])

[1]) Den Physikern und Chemikern, sowie den Physiologen dürfte es überflüssig erscheinen, über diese ersten Grundsätze der Naturforschung noch ein Wort zu verlieren: kein Physiker, kein Chemiker, kein Physiolog — so lange er consequent und rücksichtslos denkt — kennt eine Kraft ohne Stoff oder glaubt an eine ausser der Materie stehende Kraft. Nur unter den Morphologen sind diese falschen Vorstellungen noch so verbreitet, dass wir sie hier nothwendig widerlegen müssen, und in einem Punkte, nämlich gerade in der hier vorliegenden Frage von der ersten Entstehung der Organismen, sind die alten eingerosteten dualistischen Vorurtheile sehr allgemein verbreitet, und werden selbst von vielen trefflichen, im Uebrigen vollkommen monistischen Naturforschern getheilt. Sobald man übrigens die verschiedenen immateriellen Kräfte, welche als „Geist, Seele, Lebenskraft, Schöpferkraft" etc. ein eben so verbreitetes als unverdientes Ansehen geniessen, eingehender untersucht, so ergiebt sich, dass diese sogenannten reinen, nicht materiellen Kräfte durchaus materiell vorgestellt werden, nämlich entweder als gasförmige Materien oder als feinere (schwerelose oder unwägbare) Materien, gleich dem Wärme-Aether etc. In der bewundernswürdigen Widerlegung der Lebenskraft, welche schon vor 70 Jahren Reil im ersten Bande seines Archivs für Physiologie (1796) gegeben hat, findet sich hierüber folgende treffliche Analyse: „Anfangs fielen wohl nur die groben und trägen Massen den Menschen auf, und in der Folge beobachteten sie erst die Erscheinungen der feinen Stoffe in der Natur. Sie empfanden in der Luft und im Winde Wirkungen eines Wesens, das sie mit den Augen nicht wahrnahmen, und welches sich vorzüglich durch seine Beweglichkeit vor den trägen und groben Massen auszeichnete. Diese Beobachtung brachte sie nach und nach auf die Meinung, dass Bewegung und Leben von einem solchen feinen und unsichtbaren Wesen abhänge. Durch die Eigenschaften der feinen Stoffe wurden sie auf die Idee von Geistern geleitet, und sie characterisirten dieselben durch die vorzüglichsten Merkmale der Luft, durch Unsichtbarkeit und Beweglichkeit. Man legte sogar dem Geiste überhaupt in der hebräischen und fast in allen alten Sprachen die Namen Luft oder Wind (Spiritus) bei." (l. c. p. 11, 12). „Mit eben dem Rechte, mit welchem wir den Thieren (und also auch den Menschen) eine Seele beilegen, um ihre thierischen Wirkungen daraus zu erklären, können wir auch für die Schwere und Cohärenz eigene Geister annehmen, die erst der Materie die Eigenschaft, als schwere und zusammenhaftende Materie zu wirken, mittheilen." (l. c. p. 14).

Ist nun schon an sich der Begriff einer solchen immateriellen, ausserhalb der Materie befindlichen, von ihr unabhängigen, und dennoch auf sie wirkenden Kraft vollkommen unzulässig und undenkbar, so wird es in unserem Falle hier die schöpferische Kraft in um so höherem Maasse, als mit deren Vorstellung sich die unhaltbarsten teleologischen Vorstellungen und die handgreiflichsten Anthropomorphismen verbinden. Denn es ist klar, dass jenes schöpferische immaterielle Princip, welches bald als Lebenskraft, bald als Schöpferkraft, bald als persönlicher Schöpfer die Organismen „schaffen" soll, hierbei durchaus in analoger Weise zu Werke gehen soll, wie der Mensch oder andere Thiere bei „Schöpfung" irgend eines Kunstwerks, wie z. B. eine Wespe beim Bau ihres kunstvollen Nestes, oder wie der Schneidervogel beim Zusammennähen der Blätter, oder wie der Mensch beim Bauen eines Hauses, beim Modelliren einer Statue. Wie alle diese Thiere hierbei nach einem vorhergehenden Entwurfe ihren Bau construiren, so soll auch die Schöpferkraft oder der persönliche Schöpfer nach einem bestimmten Bauplan die Organismen zweckmässig construiren, und wenn seine Schöpfungsthätigkeit sich auf die Erschaffung jener wenigen einfachsten Urwesen beschränkt, aus denen sich die anderen hervorgebildet haben, so hat er jedem dieser Urwesen die bestimmten Bewegungserscheinungen verliehen, welche man als sein „Leben" bezeichnet. In allen diesen teleologischen Vorstellungen, und gleicherweise in sämmtlichen Schöpfungsgeschichten, welche die dichterische Phantasie der Menschen producirt hat, liegt der grobe Anthropomorphismus[1]) so auf der Hand, dass wir der Einsicht jedes

[1]) Wie durchgreifend diesen Schöpfungs-Ansichten überall die Vorstellung des thierischen und insbesondere des menschlichen freiwilligen Handelns nach einem bestimmten (natürlich causal bedingten) Willens-Impulse zu Grunde liegt, beweisen schon die allgemein gebräuchlichen Ausdrücke „des Bauplans, der zweckmässigen Einrichtung, des künstlichen Baues u. s. w." Offenbar wird hier stets das zu schaffende oder erschaffene „Geschöpf" als das Product eines vorbedachten Planes betrachtet, welchen der „Schöpfer" in ganz gleicher Weise entworfen, modificirt und ausgeführt hat, wie der Mensch bei Construction seiner zweckmässigen Maschinen und andere Wirbelthiere bei Ausführung ihrer oft äusserst künstlichen und zweckmässigen Nester, Bauten etc. thuen. Der Anthropomorphismus oder, allgemeiner gesagt: Zoomorphismus, welcher hier zur Vorstellung des persönlichen oder individuellen Schöpfers führt, ist um so seltsamer und auffallender, als dieser Schöpfer dabei zugleich als immaterielles Wesen oder Geist gedacht wird, also im Grunde, wie Reil in der so eben citirten Stelle treffend ausführt, als ein gasförmiger oder elastisch-flüssiger Körper, oder als ein Individuum, welches aus der feineren Materie des schwerelosen oder unwägbaren Aethers (dem Wärmestoff zwischen den Atomen und Molekülen der Materie) besteht. Einerseits also wird der die Materie modelnde und formende Schöpfer nach Art des Menschen oder eines anderen höheren Wirbelthieres denkend und planausführend, mithin als ein willkührlich bewegliches und mit

überhaupt denkenden und nicht allzusehr in traditionellen Vorurtheilen befangenen Lesers die Vernichtung dieser Schöpfungs-Vorstellung selbst überlassen können. Denjenigen Morphologen aber, welche nicht durch eigenes Nachdenken zu dieser Erkenntniss gelangen können, empfehlen wir zu aufmerksamer Lectüre den merkwürdigen „Essay on classification“ des geistvollen Agassiz, in welchem dieser berühmte Naturforscher die teleologische Vorstellung des Schöpfers und der Schöpfungs-Akte dadurch in glänzendster Weise widerlegt, dass er sie bis auf ihre extremen Consequenzen verfolgt und ihre unlöslichen Widersprüche überall lichtvoll an den Tag fördert.

Eine Schöpfung der Organismen ist mithin theils ganz undenkbar, theils aller empirisch erworbenen Naturkenntniss so vollständig zuwider laufend, dass wir uns zu dieser Hypothese auf keinen Fall entschliessen dürfen. Es bleibt mithin nichts übrig, als eine spontane Entstehung der einfachsten Organismen, aus denen sich alle vollkommneren durch allmählige Umbildung entwickelten, anzunehmen, eine Selbstformung oder Selbstgestaltung der Materie zum Organismus, welche gewöhnlich Urzeugung oder Generatio spontanea (aequivoca) genannt wird.

III. Urzeugung oder Generatio spontanea.

Die ursprüngliche mechanische Entstehung oder die elternlose Zeugung der einfachsten structurlosen Organismen, welche wir im folgenden Abschnitt als Selbstzeugung oder Autogonie näher betrachten werden, ist nicht oder nur theilweis identisch mit den verschiedenen Arten der freiwilligen oder Urzeugung, welche unter dem Namen der Generatio spontanea, aequivoca, heterogenea, originaria, automatica, primitiva, primigenia, primaria etc. seit so langer Zeit und mit so viel Interesse discutirt worden sind. Die Vorstellungen der verschiedenen Naturforscher über jene Urzeugung sind im Allgemeinen sehr verschieden, stimmen aber doch alle darin überein, dass durch jenen Process lebendige Wesen aus der nicht belebten (sogenannten „todten“) Materie, durch deren innewohnende, ureigene Kraft, ohne Dazwischentreten einer ausserhalb der Materie stehenden Schöpferkraft, hervor-

Organen handelndes Wirbelthier, vorgestellt, andererseits als ein gasförmiger, also organloser Körper (daher auch die Ausdrücke: Spiritus, Pneuma, Hauch des Schöpfers, Blasen und Wehen seines Odems etc.). Wir gelangen somit zu der paradoxen Vorstellung eines gasförmigen Wirbelthieres, einer Contradictio in adjecto. Im Ganzen gilt von diesen wie von den meisten ähnlichen anthropomorphen Vorstellungen der schöpferischen Persönlichkeit das Umgekehrte von dem, was die Priester sagen: „Gott schuf den Menschen nach seinem Bilde.“ Es müsste vielmehr heissen: „Der Mensch schafft Gott nach seinem Bilde;“ oder wie es der Dichter in dem bekannten Spruche ausdrückt: „In seinen Göttern malet sich der Mensch!“

gehen sollen. In diesem Sinne also können wir alle diese verschiedenen Vorstellungen zusammen als Hypothesen von der Urzeugung (Generatio spontanea) den so eben widerlegten Hypothesen von der Schöpfung (Creatio) gegenüberstellen.

Wie nun alle die mannichfaltigen Schöpfungs-Hypothesen sich in drei verschiedene Gruppen bringen liessen, die sich mehr oder weniger von der wissenschaftlichen Erkenntniss entfernen, so können wir auch die vielfältigen Urzeugungs-Hypothesen in drei verschiedene Gruppen bringen, welche sich mehr oder weniger der wissenschaftlichen Erkenntniss nähern, und von denen wir nur eine einzige als die für uns unentbehrliche Hypothese auswählen können.

Nach der einen Gruppe der Hypothesen sind von jeder Organismen-Art oder Species zu einer gewissen Zeit oder zu verschiedenen Zeiten der Erdgeschichte eines oder mehrere Individuen spontan entstanden, als deren durch unmittelbare Fortpflanzung entstandene Nachkommen wir alle übrigen Individuen derselben „Species" anzusehen hätten, welche zu irgend einer Zeit der Erdgeschichte gelebt haben oder welche noch jetzt leben. Danach wären also z. B. alle einzelnen Individuen des Weinstocks, des Sperlings, des Menschen, welche jemals existirt haben, die unmittelbaren Nachkommen eines einzigen oder einer gewissen Zahl von Individuen des Weinstocks, des Sperlings, des Menschen, welche entweder einmal (zu einer bestimmten Zeit) oder zu wiederholten Malen spontan entstanden sind. Diese Hypothesen-Gruppe (bei der es uns hier gleichgültig ist, ob diese Entstehung nur einmal stattfand oder sich mehrmals wiederholte, ob dabei nur ein oder zwei oder mehrere Individuen entstanden, ob diese ersten Individuen als Eier oder als Erwachsene entstanden etc.) schliesst sich am nächsten an die vorher erwähnte, am weitesten verbreitete Schöpfungs-Vorstellung an, nach welcher von jeder Art ein Stammvater oder mehrere Ureltern geschaffen wurden; sie unterscheidet sich von jener Hypothese nur dadurch, dass an die Stelle des schöpferischen Planes oder Willens die blinde Kraft der „todten" Materie tritt. Sie bedarf, wie jene, schon desshalb keiner Widerlegung, weil sie auf dem grundfalschen Dogma von der Constanz der Species fusst. Aber auch abgesehen hiervon, widerspricht die Vorstellung, dass so hoch organisirte und so verwickelt gebaute Organismen, wie es die höheren Thiere und Pflanzen sind, blos durch die Kraft nicht organisirter Materie unmittelbar entstehen können, so sehr den einfachsten Erkenntnissen und den bekanntesten Thatsachen, dass sich diese Hypothese niemals eine allgemeinere Anerkennung hat erringen können.

Die zweite Gruppe der Urzeugungs-Hypothesen behauptet, dass aus vorhandener organischer Substanz, lediglich durch die organisirende Kraft derselben, niedere Organismen, Thier- und Pflanzen-Formen von

sehr einfacher Organisation, entstehen können. Hierher gehört die grosse Mehrzahl aller Vorstellungen, welche sich die Naturforscher der verschiedensten Zeiten über die Urzeugung gebildet haben. Schon Aristoteles behauptete, dass aus warmem Schlamme oder faulenden vegetabilischen Substanzen niedere Thiere (Würmer, Insecten etc.) entstünden. Als man später mit dem Mikroskop die Fülle von kleinen, dem blossen Auge unsichtbaren Organismen entdeckte, welche alle Gewässer bevölkern, nahm man für einen grossen Theil dieser kleinen Pflanzen und Thiere eine selbstständige Entstehung aus der zersetzten organischen Substanz an, welche von abgestorbenen Organismen geliefert wird und in allen Gewässern verbreitet ist. Diese Vorstellung von der Generatio aequivoca wurde um so mehr befestigt und verbreitet, als man bald entdeckte, dass in allen Flüssigkeiten, welche durch Uebergiessung (Infusion) organischer Substanzen mit Wasser bereitet werden, derartige niedere Thiere und Pflanzen gleichzeitig mit deren Zersetzung massenhaft entstehen (Infusorien, Rotatorien, Anguillulen, Pilze, Algen, vielerlei Protisten). Vorzüglich wurde diese Generatio aequivoca für die Eingeweidewürmer und andere Organismen angenommen, deren Entstehung an ihrem abgeschlossenen Wohnorte auf dem Wege der gewöhnlichen Zeugung man sich nicht erklären konnte. Als nun später die verwickelten und oft unter Wanderungen u. dgl. so versteckten Fortpflanzungsverhältnisse dieser Organismen entdeckt wurden, trat ein allgemeiner Rückschlag ein, indem man nun hieraus die homogene Fortpflanzung für alle Organismen deducirte und die Urzeugung für alle Organismen ohne Ausnahme bestritt. Dieser Satz wurde so dogmatisch verallgemeinert, dass der „Glaube an die Generatio aequivoca“ in den letzten Decennien fast allgemein für ein Kriterium einer unwissenschaftlichen biologischen Richtung galt. Wie einseitig dieser Rückschlag sich entwickelte, zeigen am deutlichsten die lebhaften Streitigkeiten, welche in den letzten Jahren wiederum im Schoosse der französischen Akademie geführt wurden, und in denen Pouchet für, Pasteur gegen die Generatio aequivoca eintrat.

Für die uns hier beschäftigende Frage von der ersten Entstehung der organischen Wesen hat diese Form der sogenannten Generatio aequivoca, bei welcher sich gewisse niedere Organismen aus vorhandener organischer Substanz entwickeln, die von zersetzten Organismen herrührt, gar kein Interesse oder doch nur einen ganz untergeordneten Werth.[1]) Denn das Vorhandensein dieser organischen Sub-

[1]) Als unsere rein subjective Ueberzeugung in dieser Frage wollen wir nur aussprechen, dass die Urzeugung oder Generatio aequivoca in diesem Sinne, wie sie von den allermeisten Naturforschern verstanden wird, uns durch alle bisherigen Untersuchungen, durch alle die zahlreichen Beobachtungen und Experimente, keinesfalls widerlegt, aber auch noch nicht bewiesen erscheint. Wir

stanzen, aus denen sich spontan Organismen entwickeln sollen, setzt bereits die Existenz anderer (abgestorbener) Organismen voraus und erklärt uns also nicht die erste spontane Entstehung lebender Wesen. Abgesehen hiervon aber ist die Art und Weise, in welcher diese Frage von den meisten Autoren, sowohl Gegnern als Anhängern der Urzeugung discutirt worden ist, eine so unwissenschaftliche, dass wir hier ganz darüber hinweg gehen können.

Wenn wir noch beiläufig einen flüchtigen Blick auf die Art und Weise werfen, in welcher diese Generatio aequivoca von zahlreichen Naturforschern untersucht und discutirt worden ist, so tritt uns hier, wie immer am deutlichsten in solchen allgemeinen Fragen, äusserst auffallend der grosse Mangel einer streng philosophischen Methode entgegen, welchen wir oben eingehend gerügt haben. Der Mangel an allgemeiner Uebersicht des Naturganzen und an philosophischer Erfassung desselben, die daraus hervorgehende Planlosigkeit und verkehrte Fragestellung an die Natur, die Inconsequenz der Untersuchungsmethoden und die Fehlerhaftigkeit der Schlüsse — alle diese Grundfehler einer falschen oder doch einer unvollkommenen Methode der Naturerkenntniss treten hier, nur oberflächlich verdeckt durch eine scheinbar vollkommen „exacte" Experimentalmethode, in so auffallendem Maasse hervor, dass es uns nicht Wunder nimmt, wenn hier noch gar kein Resultat, keine positive und keine negative Entscheidung, erreicht ist.

Was die experimentelle Begründung oder Widerlegung dieser Generatio aequivoca betrifft, auf welche die „exacte" Schule der Neuzeit so grossen Werth legt, so müssen wir in erster Linie hervorheben, dass eine positive Widerlegung dieser Frage dadurch bisher nicht herbeigeführt, aber auch gar nicht möglich ist. Denn was beweisen alle diese vielfachen und wegen ihrer raffinirten Complication zum Theil so bewunderten Experimente (z. B. von Pasteur und seinen Genossen) Anderes, als dass unter diesen oder jenen, äusserst complicirten, künstlichen und unnatürlichen Bedingungen eine mit Flüssigkeit infundirte organische Substanz keine Organismen geliefert hat? Kann dies irgend etwas Anderes beweisen, und was ist mit diesem Beweise erreicht? Unserer Ansicht nach gar Nichts! Und wenn man diese künstlichen Experimente vertausendfachte, wenn man wirklich Bedingungen herstellte, die den in der freien Natur vorkommenden ähnlicher wären, und wenn hier bei Anwendung aller Vorsichtsmassregeln niemals Organismen in der Infusion entständen, so würde damit eben immer nur der Beweis geliefert sein, dass unter diesen oder jenen ganz bestimmten Bedingungen keine Organismen in einer solchen Infusion entstehen. Nie-

halten dieselbe als noch jetzt existirend für möglich und wahrscheinlich, jedoch nur in dem ganz beschränkten Sinne, dass aus solcher nicht organisirten und homogenen organischen Substanz (die aus Zersetzung anderer Organismen hervorgegangen ist) sich zunächst nur ganz einfache homogene Organismen oder Moneren (Vibrionen, Protamoeben etc.) bilden können. Es würde diese Form der Urzeugung sich schon unmittelbar an diejenige anschliessen, welche wir als Autogonie sogleich besprechen werden.

mals aber wird dadurch der Beweis geliefert werden, dass eine solche Generatio aequivoca unter keinen Bedingungen in der freien Natur möglich sei. Niemals wird sich dieselbe in dieser Weise experimentell widerlegen lassen.

Auf der anderen Seite müssen wir bemerken, dass uns durch die bisherigen Experimente allerdings auch der positive Beweis für diese Art der Urzeugung nicht geliefert zu sein scheint, und dass dieser überhaupt sehr schwer zu liefern sein wird. Denn es wird sehr schwer sein, diese Experimente so vollkommen rein anzustellen, als es die positive Beantwortung dieser Frage erfordern würde. Wir wissen positiv, dass überall Keime organischer Wesen zerstreut sind (theils eingetrocknete Leiber entwickelter Individuen, z. B. von Infusorien, Räderthierchen, vielen Protisten und niederen Algen und Pilzen, theils Eier und Embryonen solcher Organismen), die, in Berührung mit Flüssigkeit gebracht, alsbald wieder zum Leben erwachen; wir wissen, dass jeder Windstoss Tausende solcher leichter Keime aus den austrocknenden Gewässern aufhebt, und überall mit sich herumführt; wir wissen, dass der Schmutz unserer Strassen, der Staub unserer Zimmer massenhaft solche Keime einschliesst und einschliessen muss, wir wissen, dass viele dieser Keime sowohl hohen Temperaturgraden, als auch zersetzenden Flüssigkeiten sehr lange Widerstand leisten, ohne ihre Lebensfähigkeit zu verlieren, und es wird äusserst schwer sein, auch bei sorgfältigster Handhabung der Instrumente, jedwede Verunreinigung mit diesen äusserst leichten, feinen und mikroskopisch kleinen Keimen vollständig auszuschliessen, so vollständig, dass bei einem positiven Erfolge des Experiments jeder Zweifel an der absoluten Reinheit der Bedingungen verstummen muss.

Weiterhin werden gewöhnlich als solche Organismen, welche in dergleichen Infusionen entstehen, ganz kritiklos unter einander sehr einfache und sehr complicirt gebaute Organismen genannt, z. B. Vibrionen, Monaden, Rhizopoden, Diatomeen, einzellige Algen, niedere Pilze, höhere Algen und Pilze, Würmer, Räderthierchen etc. Nun ist es aber klar, dass nur die Entstehung höchst einfacher und nicht hoch differenzirter Organismen auf diesem Wege denkbar ist und dass nur die geringe, mikroskopische Grösse, welche allen diesen, sonst so verschieden differenzirten „Infusions"-Organismen gemein ist, zu einer collectiven Zusammenfassung derselben verleitet hat. Wollte man hier scharf und klar sehen, so müsste man die einzelnen Organismen aus so verschiedenen Klassen und Organisationshöhen, welche auf diese Weise entstehen, alle einzeln hinsichtlich ihrer Existenz- und Entstehungs-Bedingungen untersuchen, und würde dann finden, dass nur von den allerniedrigsten und einfachsten Organismen, entweder von den ganz homogenen und structurlosen Moneren (Vibrionen, Protamoeben etc.) oder doch höchstens von solchen, deren Körper noch nicht die Höhe einer differenzirten Zelle erreicht hat, eine solche spontane Entstehung zu erwarten ist.

Endlich aber, und dies ist hier vor Allem hervorzuheben, ist mit Constatirung der Thatsache wenig gewonnen, dass sich niedere Organismen aus solchen organischen Substanzen entwickeln, welche von anderen, sch

dagewesenen Organismen herrühren. Hierdurch kann niemals die erste Entstehung des Lebens auf der Erde erklärt werden. Die erste spontane Entstehung jener einfachsten, homogenen Urwesen, aus denen sich alle übrigen durch Differenzirung und natürliche Züchtung allmählig entwickelt haben, lässt sich vielmehr einzig und allein durch eine dritte und letzte Urzeugungshypothese erklären, welche den unmittelbaren Uebergang anorganischer Substanz in individualisirte organische Substanz behauptet, ein Process, der der Krystallisation der Anorgane durchaus analog ist. Diese Urzeugung, welche also von der gewöhnlich angenommenen Generatio aequivoca wesentlich verschieden ist, wollen wir als Selbstzeugung oder Autogonie hier besonders in Erwägung ziehen.

IV. Selbstzeugung oder Autogonie.

Die Hypothese der Selbstzeugung oder Autogonie fordert, dass die äusserst einfachen und vollkommen homogenen, structurlosen Organismen (Moneren), welche wir als die Stammformen aller übrigen, durch Differenzirung daraus hervorgegangenen zu betrachten haben, unmittelbar aus dem Zusammentritt von Stoffen der anorganischen Natur in ähnlicher Weise sich in einer Flüssigkeit gebildet haben, wie es bei der Bildung von Krystallen in der Mutterlauge der Fall ist.

Von den so eben betrachteten Formen der Urzeugung oder Generatio aequivoca (spontanea etc.) wie sie gewöhnlich vorgestellt und besprochen werden, unterscheidet sich unsere Selbstzeugung oder Autogonie wesentlich dadurch, dass dort organische Materien (complicirtere Kohlenstoff-Verbindungen), welche von zersetzten Organismen herrühren, hier dagegen nur sogenannte anorganische Materien (d. h. einfachere Verbindungen) vorausgesetzt werden, aus denen sich zunächst verwickeltere Kohlenstoff-Verbindungen, und hieraus unmittelbar organische Individuen einfachster Art (Moneren) hervorbildeten. Uns erscheint diese Annahme für das Verständniss der gesammten organischen Natur vollkommen unentbehrlich, weil sie die einzige grosse Lücke ausfüllt, welche bisher in der gesammten Entwickelungsgeschichte der Erde und ihrer Bewohner bisher noch bestanden hat. Wir müssen diese Hypothese als die unmittelbare Consequenz und als die nothwendigste Ergänzung der allgemein angenommenen Erdbildungs-Theorie von Kant und Laplace hinstellen, und finden hierzu in der Gesammtheit der Naturerscheinungen eine so zwingende logische Nothwendigkeit, dass wir desshalb diese Deduction, die Vielen sehr gewagt erscheinen wird, als unabweisbar bezeichnen müssen.

Bekanntlich behauptet die Erdbildungs-Theorie, welche zuerst Kant in seiner „allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ aufstellte, und welche später (unabhängig von Kant) Laplace in seiner „Exposition du système du monde“ ausführlich begründete, dass unser ge-

sammter Erdkörper in früherer Zeit vermöge eines sehr hohen Hitzegrades sich in gasförmigem Aggregatzustande befunden habe, und dass dann dieser ungeheure Gasball, in Folge allmähliger Abkühlung, in den feurig-flüssigen Zustand übergegangen sei. Durch weitere Abgabe beträchtlicher Wärmemassen an den kalten Weltraum erkaltete der feurig-flüssige Ball, welcher durch beständige Rotation um seine Axe die Sphaeroid-Form annahm, immer mehr und es ging zuletzt die Rinde desselben aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand über, während der von dieser Rinde umschlossene Kern in geschmolzenem Zustande im Innern zurückblieb. Erst nachdem die Rinde der Erde sich bis zu einem solchen Grade abgekühlt hatte, dass der in der Atmosphäre ringsum suspendirte Wasserdampf sich in tropfbar-flüssiger Form niederschlagen konnte, wurde die Erdrinde bewohnbar, wurde es möglich, dass belebte Naturkörper auf derselben auftraten, wurde es möglich, dass Leben entstand.

Diese Theorie der Erdbildung, welche von Kant und Laplace auf die einfachsten Gesetze der Anziehung und Abstossung der Materie zurückgeführt und dadurch ebenso fest als einfach causal begründet wurde, stimmt mit allen unseren empirischen Kenntnissen, allen Erfahrungen vom Bau und von der Entwickelung der Erde so vollständig überein, dass sie von allen Naturforschern ausnahmslos angenommen ist. Nun folgt aber hieraus unmittelbar als die erste, nothwendigste und für uns wichtigste Consequenz, dass das Leben auf der Erde zu irgend einer Zeit einen Anfang hatte, oder dass, mit anderen Worten, in irgend einem Zeitpunkt zum ersten Male anorganische Substanz in organische überging und sich zugleich in Form von Organismen individualisirte. Diese Folgerung, welche wir hier als die unentbehrliche Hypothese von der Autogonie oder Selbstzeugung näher formuliren und begründen wollen, erscheint uns so unabweisbar nothwendig, dass wir dieselbe unbedingt annehmen müssen und uns zunächst nur zu verständigen haben werden über die mögliche Art und Weise dieses Processes und über die Natur der daraus hervorgegangenen Organismen, über welche directe Erfahrungskenntnisse uns nicht zu Gebote stehen.

Hier kommen wir nun zurück auf die wichtigen allgemeinen Resultate des vorhergehenden Kapitels, in welchem wir zu zeigen versucht haben, dass die Differenz zwischen den Organismen und den Anorganen nicht so gross, und vor Allem nicht so absolut ist, wie dies gewöhnlich hingestellt wird. Wie dort nachgewiesen wurde, unterscheiden sich die vollkommensten anorganischen Individuen, die Krystalle, von den unvollkommensten organischen Individuen, den Moneren, wesentlich hinsichtlich ihrer stofflichen Zusammensetzung dadurch, dass die Atome der Elemente dort vorwiegend zu einfacheren („binären"), hier dagegen durch Einwirkung des Kohlenstoffs zu sehr complicirten und leicht zersetzbaren Verbindungen vereinigt auftreten; und dass der Aggregatzustand der Materie dort ein fester, hier ein festflüssiger ist. Hieraus folgt dann unmittelbar, dass der Krystall nur durch Apposition von aussen wachsen, und also auch nur äusserlich sich anpassen und verändern kann, während das Moner durch Intussusception nach innen hinein wachsen, und also auch innerlich sich anpassen und ver-

ändern kann. Zugleich folgt aus der complicirteren atomistischen Zusammensetzung und der Imbibitionsfähigkeit auch der einfachsten organischen Individuen, dass ihre Theilchen beständig ihre gegenseitige Lage ändern können, was bei dem festen Krystall nicht möglich ist, und dass, wenn das organische Individuum über ein bestimmtes individuelles Maass hinaus gewachsen ist, es sich in zwei Individuen theilen, sich fortpflanzen kann, was bei dem festen Krystall ebenfalls nicht möglich ist.

Zweifelsohne haben wir uns also den Akt der Autogonie, der ersten spontanen Entstehung einfachster Organismen ganz ähnlich zu denken, wie den Akt der Krystallisation. In einer Flüssigkeit, welche die den Organismus zusammensetzenden chemischen Elemente gelöst enthält, bilden sich in Folge bestimmter Bewegungen der verschiedenen Moleküle gegen einander bestimmte Anziehungsmittelpunkte, in denen Atome der organogenen Elemente (Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff) in so innige Berührung mit einander treten, dass sie sich zur Bildung complexer, „ternärer und quaternärer" Moleküle vereinigen. Diese erste organische Atomgruppe, vielleicht ein Eiweiss-Molekül, wirkt nun, gleich dem analogen Kernkrystall, anziehend auf die gleichartigen Atome, welche in der umgebenden Mutterlauge gelöst sind, und welche nun gleichfalls zur Bildung gleicher Moleküle zusammentreten. Hierdurch wächst das Eiweisskörnchen, und gestaltet sich zu einem homogenen organischen Individuum, einem structurlosen Moner oder Plasmaklumpen (einem isolirten Gymnocytoden), gleich einer **Protamoeba** etc. Dieses Moner neigt, vermöge der leichten Zersetzbarkeit seiner Substanz, beständig zur Auflösung seiner eben erst consolidirten Individualität hin, vermag aber, indem die beständig überwiegende Aufnahme neuer Substanz vermöge der Imbibition (Ernährung) das Uebergewicht über die Zersetzungsneigung gewinnt, durch Stoffwechsel sich am Leben zu erhalten. Das homogene organische Individuum oder Moner wächst nur so lange durch Intussusception, bis die Attractionskraft des Centrums nicht mehr ausreicht, die ganze Masse zusammen zu halten. Es bilden sich, in Folge der überwiegenden Divergenzbewegungen der Moleküle nach verschiedenen Richtungen hin, nun in dem homogenen Plasma zwei oder mehrere neue Anziehungsmittelpuncte, die nun ihrerseits anziehend auf die individuelle Substanz des einfachen Moneres wirken, und dadurch seine Theilung, seinen Zerfall in zwei oder mehrere Stücke herbeiführen (Fortpflanzung). Jedes Theilstück rundet sich alsbald wieder zu einem selbstständigen Eiweissindividuum oder Plasmaklumpen ab und es beginnt nun das ewige Spiel der Anziehung und Abstossung der Moleküle von Neuem, welches die Erscheinungen des Stoffwechsels oder der Ernährung und der Fortpflanzung vermittelt.

Wir haben hier absichtlich den denkbar einfachsten Fall der Autogonie eines Moneres hingestellt, welcher der Krystallisation eines Anorganes offenbar am nächsten steht; denn in beiden Fällen führen zur Bildung des in sich homogenen individuellen Naturkörpers molekulare Bewegungen innerhalb einer Flüssigkeit (organisches „Cytoblastem", anorganische „Mutterlauge"), welche die zur Bildung des Individuums unentbehrlichen Stoffe gelöst enthält. In beiden Fällen entsteht, in Folge des Ueberwiegens bestimmter

Molekularbewegungen (Anziehungen und Abstossungen) über die anderen, [illegible] der Bildungsflüssigkeit ein Anziehungsmittelpunkt (erstes Plasmaklümpchen, erster Krystallkern), welcher nun [illegible] anziehend auf die in der [illegible] Flüssigkeit gelösten gleichartigen Stoffe wirkt, und dieselben [illegible] Molekülen [illegible], als auch [illegible] Aggregatzustand zu verlassen. Hier [illegible] tritt erst die Differenz des organischen und des anorganischen [illegible] hervor, indem das erstere [illegible] festflüssigen Zustand übergeht, und dadurch die Imbibitionsfähigkeit [illegible] Beweglichkeit der Moleküle erhält, welche [illegible] Ernährung [illegible] Fortpflanzung ermöglicht, [illegible] festen Zustand übergeht, und [illegible] von aussen [illegible]

[illegible] Organismen [illegible] erhaltenen [illegible] die [illegible] haben, [illegible] Plasmaklümpchen [illegible] Körper [illegible]

[illegible]

von den ganz homogenen Protamoeben unterscheiden; und in den Arcelliden haben wir Amoeben, welche trotz dieser Einfachheit im Stande sind, sich eine complicirte Schale zu bilden. Sobald in diesen homogenen Plasmaklumpen, wie sie als Moneren isolirt leben, ein Kern auftritt, so ist aus der Cytode eine Zelle geworden, und wir werden dadurch in das weite Gebiet der zahlreichen einzelligen Organismen hinübergeführt, von denen aus nun die Entwickelung der complicirteren mehrzelligen Organismen auf dem Wege der Differenzirung und der natürlichen Züchtung keine Schwierigkeit mehr hat.

Nach unserer Ansicht muss nothwendig der erste Ursprung, die spontan entstandene Stammform aller Organismen, welche jemals die Erde belebt haben und welche sie noch jetzt beleben, in solchen einfachsten Moneren gesucht werden, formlosen lebenden Eiweissklumpen von durchaus gleichartiger, homogener Beschaffenheit, gleich den Protamoeben und Protogeniden, aus denen sich erst später Zellen durch Differenzirung von innerem Kern und äusserem Plasma entwickelt haben. Wie wir uns aus einem solchen ganz einfachen imbibitionsfähigen Eiweissklümpchen durch Differenzirung von Kern und Plasma und späterhin auch von Membran zunächst eine Urzelle, dann eine Hautzelle hervorgehend denken können, hat bereits Schwann so trefflich gezeigt, dass wir hier einfach auf seine allbekannte Theorie von der spontanen Zellenbildung innerhalb des Cytoblastems verweisen können.

Wir nehmen also an, dass die ältesten, spontan entstandenen Organismen, aus denen sich alle übrigen im Laufe der Zeit durch Differenzirung und natürliche Züchtung im Kampfe um das Dasein entwickelt haben (gleich viel, ob es eins oder mehrere oder viele waren), solche vollkommen homogene, structurlose, formlose Eiweissklumpen oder Moneren, gleich einer *Protamoeba* waren, welche aus dem Urmeere durch Zusammenwirken rein physikalischer und chemischer Bedingungen, durch molekulare Bewegungen der Materie in ganz gleicher Weise entstanden, wie der Krystall in seiner Mutterlauge entsteht. Rein physikalisch-chemische Ursachen mussten die Bildung einer quaternären Kohlenstoffverbindung, durch den Zusammentritt von Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff (vielleicht auch noch Schwefel) bewirken, und diese Verbindung (welche wir aller Analogie nach als einen Eiweisskörper betrachten müssen) musste sich individualisiren, indem die Cohäsion ihrer imbibitionsfähigen Substanz nur bis zu einer gewissen Grenze das Wachsthum durch Assimilation gleicher Substanz (Ernährung) gestattete; sobald diese Grenze überschritten wurde, bildeten sich in dem durch ein Attractionscentrum zusammen gehaltenen Individuum zwei oder mehrere Attractionscentra, welche nun die Ursache zum Zerfall des einen Individuums in mehrere, zu-Fortpflanzung wurden. Indem der Erblichkeit des Wesens, welche

durch diese unmittelbare Continuität der Materie von elterlichem und kindlichem Urorganismus bedingt wurde, andererseits die Einwirkung der äusseren Umgebung als Anpassung entgegen wirkte, indem das Moner im Laufe von Generationen sich demgemäss wirklich anpasste und differenzirte (z. B. eine festere Hülle ausschied, im Innern sich als Kern consolidirte etc.), wurde es entwickelungsfähig. Nachdem erst einmal durch Differenzirung von Plasma und Kern aus dem Moner, aus dem homogenen Cytoden, eine Zelle geworden, war damit zugleich die Möglichkeit der organischen Entwickelung zu den unendlich mannichfaltigen Formen gegeben, von denen uns die empirische Beobachtung noch jetzt handgreiflich zeigt, wie sie aus dem einzelligen Anfangszustande der allermeisten organischen Individuen im Laufe ihrer embryologischen Entwickelung in verhältnissmässig kurzer Zeit hervorgehen.

Wir nehmen mithin ferner an, dass zellige Organismen, sowohl einzellige als mehrzellige, nicht spontan, durch Autogonie, entstanden, sondern vielmehr erst später, durch Differenzirung von Plasma und Kern, aus den wirklich autogonen Moneren sich hervorbildeten, aus den individualisirten formlosen Klumpen einer Eiweissverbindung, deren structurloser Körper noch keine Differenz des äusseren wasserreicheren Plasma und des inneren festeren Kerns zeigte. Viele Generationen von Moneren, gleich den Protamoeben, mögen Jahrtausende lang das Urmeer, welches unsern abgekühlten Erdball (wahrscheinlich als eine vollständige Wasserhülle) umschloss, bevölkert haben, ehe die Differenzirung der äusseren Lebensbedingungen, denen sich diese homogenen Urwesen anpassten, auch eine Differenzirung ihres eigenen gleichartigen Eiweiss-Leibes herbeiführte. Wahrscheinlich bildeten sich zunächst aus den einzelnen Moneren, indem das dichtere Centrum als Kern sich von der weniger dichten Peripherie des dünnflüssigeren Plasma trennte, zunächst nur einzellige Individuen. Vermuthlich erst viel später gingen aus diesen einzelligen Lebensformen mehrzellige hervor, indem die Theilung, durch welche sich die einzelligen Urwesen (Protisten) fortpflanzten, bisweilen unvollständig erfolgte, so dass die beiden oder mehreren Theilproducte des Individuums zusammenblieben, und somit einen ersten Individuenstock (Zellenstock) oder ein einfachstes Individuum zweiter Ordnung bildeten. Indem dann die einzelnen gleichartigen Zellen oder Individuen erster Ordnung, die in einem solchen Stock vereinigt waren (in ähnlicher Weise, wie bei sehr vielen niederen Algen) sich differenzirten, und im Kampfe um das Dasein durch natürliche Züchtung vervollkommnet wurden, entwickelten sich daraus differente Zellenstöcke oder Individuen höherer Ordnung, welche nun ihrerseits wieder zur Bildung von Individuen nach höherer Ordnung zusammentreten konnten. Wie dieser Vorgang sich allmählig

gestaltet haben mag, werden wir weiter unten zu erklären versuchen. Theilweis zeigt es uns die Embryologie.

Wir nehmen endlich an, dass alle jetzt lebenden Organismen-Formen und alle, welche jemals die Erde bewohnt haben, die Nachkommen einer geringen Anzahl verschiedener Moneren sind, und dass jede der Hauptgruppen der Organismen-Welt, welche wir unter dem Namen Stamm oder Phylon als eine zusammengehörige genealogische Einheit aufstellen, einer besonderen Moneren-Art ihre Entstehung verdankt. Wir nehmen also z. B. eine bestimmte Moneren-Art als die gemeinsame Stammform aller Wirbelthiere an, eine andere als die gemeinsame Stammform aller Coelenteraten, eine andere als die gemeinsame Stammform aller Diatomeen etc. Nach unserer Ansicht ist es das Wahrscheinlichste, dass jeder dieser Hauptstämme oder Phylen des Thier- und Pflanzenreichs sich aus einer eigenen Moneren-Stammform entwickelt habe, (wofür unten die Gründe angeführt werden sollen), wodurch wir jedoch keineswegs die Möglichkeit ausschliessen wollen, dass alle diese verschiedenen Moneren ihre Verschiedenheit erst durch Differenzirung aus einer einzigen gemeinsamen Ur-Moneren-form erlangt haben. Fragen wir nach der Verschiedenheit der verschiedenen Moneren, so kann diese, da wir uns alle Moneren als durchaus homogene und formlose Eiweiss-Individuen (Plasma-Klumpen) vorstellen, nur gefunden werden in leichten Differenzen der chemischen Zusammensetzung, an denen ja gerade die Eiweisskörper, die allen analytischen Bemühungen der Chemiker so standhaft Trotz bieten, so ausserordentlich reich sind. Vielleicht waren es ganz geringe Differenzen in den Mischungsverhältnissen der zusammensetzenden Grundstoffe, und besonders des Kohlenstoffs, vielleicht unbedeutende Beimischungen von Schwefel oder von Phosphor, oder von verschiedenen Salzen (wie wir sie in so räthselhafter und unbestimmter Weise bei so vielen Eiweisskörpern vorfinden), welche die physiologischen Differenzen der verschiedenen Moneren, und damit die Verschiedenheit der aus ihnen sich entwickelnden Stämme bedingten, welche nachher als Stockpflanzen, Diatomeen, Rhizopoden, Coelenteraten, Wirbelthiere etc. so weit auseinandergingen.

Indem wir hier zum ersten Male den gewagten Versuch unternehmen, eine Hypothese der Autogonie in ihren allgemeinsten Grundzügen aufzustellen, sind wir uns der damit verbundenen Gefahren wohl bewusst, und vermeiden es absichtlich, auf diesem noch gänzlich unbetretenen Gebiete der Naturerkenntniss unsere subjectiven Vorstellungen näher zu präcisiren. Wir sind aber zu diesem Versuche ebenso berechtigt als verpflichtet durch die mit unserem Erkenntnissvermögen unzertrennlich verbundene und beständig tief empfundene Nothwendigkeit, die weit klaffende Lücke, welche zwischen der allgemein angenommenen Erdbildungs-Theorie von Kant und

Laplace und der ebenso sicher begründeten Entwickelungstheorie der Organismen von Lamarck und Darwin besteht, durch eine Hypothese auszufüllen, welche wenigstens den ersten Versuch macht, das uns bis jetzt bekannte werthvolle empirische Material in dieser Richtung zu verwerthen.

Vor Allem legen wir hier das grösste Gewicht auf die richtige Verwerthung der einfachen niederen Organismen des Protisten-Reiches, welche noch nicht einmal den Werth einer Zelle erreicht haben, und welche uns in der That entweder, wie *Protogenes* und *Protamoeba* das noch jetzt existirende Bild eines vollkommen homogenen und structurlosen, nicht differenzirten Organismus vor Augen führen, oder, wie die Rhizopoden, das Bild eines Organismus, bei dem entweder der ganze Körper oder doch der grösste Theil desselben aus einem vollkommen homogenen Plasma besteht, und bei welchem trotzdem diese nicht differenzirte Eiweissmasse die Fähigkeit besitzt, die complicirtesten und regelmässigst geformten Skeletbildungen von Kalk- oder Kiesel-Erde auszuscheiden. Offenbar hat uns die Erkenntniss dieser einfachsten Organismen, welche den letzten Decennien angehört, einen ungeheuer grossen Schritt weiter geführt in dem biologischen Verständniss des Natur-Ganzen und speciell in der causal-mechanischen Auffassung derjenigen Vorgänge, welche sich bisher am meisten dieser Auffassung entzogen, der Vorgänge der Selbstzeugung und Entwickelung.

Für unsere subjective Auffassung hat die Annahme, dass sich in einem mit Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff in verschiedenen Verbindungen (z. B. als kohlensaures Ammoniak) geschwängerten und noch dazu mit Auflösungen verschiedener wichtiger (namentlich schwefelsaurer und salpetersaurer) Salze versetzten Wasser, durch Zusammentreten dieser Verbindungen zu Eiweissmolekülen spontan solche homogene Organismen, wie die Moneren, bilden können, keine Schwierigkeit. Doch wird sich diese Auffassung erst allgemeinere Geltung erwerben, wenn man anfangen wird, sich allgemeiner und eingehender mit diesen einfachsten und unvollkommensten Lebensformen zu beschäftigen, die in so auffallender Weise von allen differenzirten Organismen abweichen und sich in mehrfacher Beziehung mehr den anorganischen Individuen nähern. Wir sind aber bisher immer so ausschliesslich gewöhnt gewesen, nur den höheren und stark differenzirten Organismen unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden, dass vor Allem eine allgemeinere und intensivere Erforschung dieser niedersten Lebenskreise, der verschiedenen Protisten-Gruppen etc. erfolgen muss, ehe sich die richtige Auffassung von der nothwendigen allmähligen Entwickelung der Organismen und der Entstehung ihrer Anfänge aus anorganischer Materie Bahn brechen wird.

Jede irgendwie ins Einzelne eingehende Darstellung der Autogonie ist vorläufig schon deshalb gänzlich unstatthaft, weil wir uns durchaus keine irgendwie befriedigende Vorstellung von dem ganz eigenthümlichen Zustande machen können, den unsere Erdoberfläche zur Zeit der ersten Entstehung der Organismen darbot, vielmehr alle sicheren Anhaltspunkte hierfür fehlen. Wahrscheinlich war die Erdoberfläche unseres Erdballes zu der Zeit, als sie soweit erkaltet war, dass sich Organismen auf ihr bilden konnten, ringsum von einem zusammenhängenden uferlosen Meere umgeben, Zonen-

unterschiede noch nicht vorhanden. Von der Beschaffenheit jenes Urmeeres und der heissen, darüber ausgebreiteten, mit Kohlensäure und Wasserdämpfen gesättigten Atmosphäre können wir uns aber gar keine bestimmte Vorstellung machen, wenn wir bedenken, dass die ungeheuren Mengen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, die von der Steinkohlenzeit an bis zur Gegenwart und wahrscheinlich schon lange vor der Steinkohlenzeit an den Körper zahlloser Organismen gebunden waren, in jener Urzeit in ganz anderen, einfacheren Verbindungen neben einander existirten, oder ganz frei und ungebunden auf einander wirkten. Die ungeheuren Massen von Kohlensäure, von verschiedenen Kohlenwasserstoffen und von zahllosen anderen Kohlenstoff-Verbindungen, die damals zur Zeit der ersten Entstehung des Lebens theils gasförmig in der Atmosphäre verbreitet, theils in dem Urmeere aufgelöst oder auf dessen Boden niedergeschlagen gewesen sein müssen, gestatten uns durchaus keine sichere hypothetische Vorstellung von den Existenzbedingungen, unter denen sich die ersten einfachsten Organismen in jenem Urmeere bildeten. Nur so viel können wir mit Bestimmtheit sagen, dass die Beschaffenheit des Urmeeres und der Uratmosphäre zu jener Zeit sehr bedeutend verschieden von der jetzigen gewesen sein muss.

Jedenfalls war die ganze, überall von dem Urmeere wie von einer zusammenhängenden Wasserhülle umgebene Erdrinde damals in jeder Beziehung (hinsichtlich der Erhebungen des Meeresbodens, der Temperatur etc.) noch äusserst einförmig beschaffen, und da somit die Existenzbedingungen in den verschiedenen Theilen des Meeres sehr wenig von einander werden verschieden gewesen sein, so ist zu vermuthen, dass, als die Temperatur so weit gesunken war, dass zum ersten Male lebensfähige Kohlenstoff-Verbindungen sich bilden konnten, diese sich auf der ganzen Erde in wenig abweichender Weise bildeten. Zahllose, nicht oder nur wenig verschiedene Moneren, gleich der **Protamoeba**, mögen damals gleichzeitig entstanden sein; und erst allmählig, als die Lebensbedingungen sich differenzirten, als die Hebungen und Senkungen des Bodens an verschiedenen Stellen des Meeres locale Differenzen höheren Grades eintreten liessen, werden sich mit den Lebensbedingungen auch die einfachsten spontan entstandenen Urorganismen differenzirt und damit ein Kampf um das Dasein zwischen diesen Moneren entwickelt haben.

Da wir uns von der eigenthümlichen Beschaffenheit der jedenfalls von allen jetzt bestehenden sehr verschiedenen Lebensbedingungen, unter denen jene ersten Moneren im Urmeere spontan entstanden, durchaus keine sichere Vorstellung machen können, so lässt sich auch die Frage vorläufig nicht befriedigend erörtern, ob ähnliche Bedingungen auch später noch, bei weiterer Entwickelung der Erdrinde, an gewissen Stellen derselben fortdauern konnten, und ob sie noch heute fortdauern. Wir können also auch nicht auf die Frage antworten, ob eine solche Autogonie, wie sie damals, unter jenen Bedingungen, mit absoluter Nothwendigkeit stattgefunden haben muss, sich lange Zeit fortsetzte und sich später wiederholte, ob sie vielleicht continuirlich fortdauerte und auch jetzt noch stattfindet. Experimente sind in dieser Beziehung noch nicht angestellt, und durch die bis-

herigen Beobachtungen ist noch nichts bisher darüber erwiesen. Aus der Thatsache, dass solche einfachste, structurlose, homogene Organismen oder Moneren, vom morphologischen Werthe der einfachsten Gymnocytoden, auch jetzt noch lebend vorkommen, dass Massen von äusserst einfach gebildeten Protisten, die jenen am nächsten stehen (Protoplasten, Rhizopoden etc.) unsere Meere bevölkern, könnte man vielleicht schliessen, dass dieselben auch jetzt noch entstehen, oder vielleicht periodisch, unter Eintritt bestimmter Bedingungen, sich autogon erzeugen. Dagegen lässt sich andererseits auch behaupten, dass diese noch lebenden Moneren und die anderen einfachsten Protisten die noch lebenden und wenig oder nicht veränderten Nachkommen einfacher Urwesen sind, die vor sehr langer Zeit sich durch Autogonie gebildet haben. Dass es immer stille einfache Stellen im Naturhaushalte geben muss, in denen auch solche einfachste Lebensformen sich sehr lange Zeit unverändert fortpflanzen können, hat bereits Darwin nachgewiesen. Da wir nicht in der Lage sind, in dieser Beziehung irgend welche sichere Beweisgründe für oder gegen die Frage beizubringen, ob die Autogonie jetzt noch fortdauert und wie lange sie bestanden haben mag, so lassen wir diese Frage, die ohnehin für uns nur ein untergeordnetes Interesse hat, hier fallen, und begnügen uns mit Constatirung der Nothwendigkeit, dass der Beginn des Lebens auf der Erde, eine Autogonie von Moneren, aus denen erst später Zellen sich entwickelten, irgend einmal stattgefunden haben muss.

Die Anhänger der Generatio aequivoca pflegen gewöhnlich, wenn sie die Natur der elternlos entstehenden Organismen erörtern, zu behaupten, dass dies einzellige Wesen sein müssten. Dagegen halten wir es für viel wahrscheinlicher, dass die einzelligen Wesen sich erst durch Differenzirung von innerem Kern und äusserem Plasma aus den structurlosen Moneren hervorgebildet haben, und dass diese die wirklichen Autogonen sind. Die Gründe hierfür liegen in der Vergleichung, welche wir oben zwischen diesen Moneren und den Krystallen ausgeführt haben, und in welcher wir zu zeigen versuchten, wie die spontane Entstehung solcher homogenen, imbibitionsfähigen Eiweisskörper ganz analog der spontanen Entstehung von Krystallen in der Mutterlauge zu denken sei. Nach unserer Hypothese sind demnach zuerst ausschliesslich vollkommen structurlose und homogene Plasmaklumpen, gleich den Protamoeben, im Urmeere entstanden; in diesen hat sich erst später eine Differenz von festerem Kern und weicherer Hülle gebildet, und noch später erst sind diese einfachen kernhaltigen Zellen zur Bildung mehrzelliger Organismen zusammengetreten, aus denen sich dann alle höheren allmählig durch natürliche Zuchtwahl entwickelt haben.

Die grösste Schwierigkeit in unserer Hypothese der Autogonie liegt darin, dass wir uns von den eigenthümlichen Existenzbedingungen, unter welchen im Urmeere die ersten Moneren entstanden, keine befriedigende Vorstellung machen können, und dass wir die damals stattgehabte spontane, freie Bildung von den zusammengesetzteren Kohlenstoff-Verbindungen und insbesondere von den Eiweisskörpern, welche doch gegenwärtig als die activen Träger der eigentlichen „Lebensthätigkeiten" im engeren Sinne auftreten, noch nicht beobachtet haben. Alle Eiweisskörper, sowie die meisten

anderen verwickelteren Kohlenstoff-Verbindungen sind wir gewohnt, als innerhalb bestehender Organismen entstanden zu betrachten. Doch ist zu erwarten, dass sich unsere Anschauungen in diesem Punkte gewaltig ändern werden. Noch nicht lange ist es her, dass man allgemein behauptete, dass sämmtliche sogenannte „organische" Verbindungen ausschliesslich innerhalb der Organismen (vermittelst der mystischen „Lebenskraft") erzeugt würden, und dass wir gänzlich unvermögend seien, dergleichen Kohlenstoff-Verbindungen in unseren Laboratorien künstlich herzustellen. Als dann später (1828) Wöhler dieses Dogma zuerst widerlegte und aus cyansaurem Ammoniak zum ersten Male Harnstoff darstellte, galt dies lange Zeit für die einzige Ausnahme. Jetzt kennt man solche Ausnahmen in Masse, und man stellt nicht allein einfachere „organische" oder Kohlenstoff-Verbindungen, sondern auch complicirtere, Alkohol, Ameisensäure etc., in unseren Laboratorien nach Belieben aus den Elementen auf rein „anorganischem" Wege her.[1])

---

[1]) Wir heben das Schicksal dieses Dogma, welches so lange und allgemein im höchsten Ansehen stand, und die ganze Chemie beherrschte, und welches in Folge der neueren Erfahrungen allgemein verlassen ist, desshalb hier besonders hervor, weil wir dem Dogma von der Unmöglichkeit der Generatio spontanea (von welcher unsere Autogonie nur eine bestimmte Modification ist) mit Sicherheit denselben letalen Ausgang prognosticiren können. Es wird hier die schon öfter beobachtete Erscheinung eintreten, dass mit dem definitiven Falle des einen Dogma zugleich eine ganze Reihe von anderen zusammenstürzen, die mehr oder minder unlösbar mit ihm verkettet sind. Eine solche Kette von solidarisch verbundenen Dogmen bildeten im vierten und fünften Decennium unseres Jahrhunderts die Lehren von der ausschliesslichen Erzeugung organischer Substanzen innerhalb des Organismus, die Lehre von der Lebenskraft, die Lehre von der Constanz der Species, die Lehre von der Unmöglichkeit der Parthenogenesis, die Lehre von der Unmöglichkeit der Urzeugung und viele Andere von mehr oder minder allgemeiner Bedeutung. Die meisten dieser Dogmen sind schon jetzt entweder völlig umgestossen, oder derart in ihren Fundamenten erschüttert, dass sie über Kurz oder Lang nothwendig zusammenstürzen müssen. Ich persönlich bin ein um so entschiedenerer Feind dieser Dogmen und darf mich um so rücksichtsloser dagegen aussprechen, als ich selbst früher in denselben blind befangen war. Als treuer Schüler und aufrichtiger Bewunderer von Johannes Müller war ich von den Lehren meines grossen Meisters so sehr eingenommen, dass ich auch der Macht seiner vitalistischen Vorurtheile mich nicht entziehen konnte, und die damit verbundenen Dogmen von der Constanz der Species, von der Nichtexistenz der Generatio aequivoca, von der zweckmässigen Wirksamkeit der gestaltenden Lebenskraft etc. vollständig theilte, ohne an ihrer Begründung zu zweifeln. In meiner Doctor-Dissertation lautete die erste These, welche ich am 7. März 1857 gegen meinen Freund E. Claparède öffentlich vertheidigte: „Formatio cellularum libera, et physiologica et pathologica, haud minus quam generatio animalium et plantarum spontanea rejicienda est." Um so eher wird man es mir verzeihen, wenn ich jetzt, in besserer kritischer Erkenntniss der Wahrheit, die mit jenen vitalistisch-teleologischen Dogmen verbundenen Vorurtheile als solche anerkenne, rücksichtslos bekämpfe und die monistische Naturerkenntniss als die einzig zum Ziele

Wenn die Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen oder die sogenannte organische Chemie in demselben colossalen Maassstabe sich weiter entwickelt, wie dies in den letzten drei bis vier Decennien geschehen ist, so dürfen wir hoffen, auch die complicirtesten Kohlenstoff-Verbindungen, und insbesondere die so labilen Eiweisskörper, in unseren Laboratorien auf rein anorganischem Wege künstlich herzustellen; und wenn es dann gelingen sollte, auch individualisirte Eiweissklumpen, gleich den Moneren, herzustellen, welche unter bestimmten Bedingungen sich (z. B. durch Aufnahme von Kohlensäure und Ammoniak) ernähren und sich durch Theilung fortpflanzen können, so würde das Problem der Autogonie experimentell gelöst sein, und wir könnten dann weiter den Versuch machen, aus diesen künstlich dargestellten Moneren durch künstliche Züchtung unter passenden Bedingungen ebenso einzellige Organismen, und später vielleicht selbst mehrzellige herzustellen, als sicher aus den ersten, im Urmeere spontan entstandenen autogonen Moneren allmählig durch natürliche Züchtung einzellige, und später aus diesen mehrzellige Organismen sich entwickelt haben müssen.[1])

---

führende mit aller Kraft vertheidige. Keine Irrthümer kann der nach Wahrheit strebende Mensch so stark und aufrichtig hassen, als diejenigen, in denen er selbst vorher befangen war; und man wird sich hieraus erklären, warum ich die in der organischen Morphologie noch herrschende dualistische Naturauffassung, von welcher ich früher selbst geblendet war, jetzt als überwundenen Standpunkt auf das Entschiedenste bekämpfe.

[1]) Da die monistischen Anschauungen, welche ich in diesem Capitel zu entwickeln versucht habe, mit den hergebrachten dualistischen Vorstellungen über „spontane" organische Formbildung nicht vereinbar sind und zunächst wenig Aussicht auf Beifall haben, so möchte ich zur Unterstützung derselben noch besonders auf die Anatomie und die Entwickelungsgeschichte derjenigen höchst einfachen und unvollkommenen Organismen verweisen, welche wir im nächsten Capitel als Protisten zusammenfassen werden. Eine der wichtigsten, aber am schwierigsten zu begreifenden Erscheinungen, auf welche wir immer wieder zurückkommen müssen, ist die Thatsache, dass ein formloser festflüssiger Eiweissklumpen, offenbar lediglich vermöge seiner specifischen atomistischen Constitution, die complicirtesten und regelmässigsten festen Formen hervorzubringen vermag; und doch können wir uns von dieser Thatsache an vielen Protisten, besonders den Rhizopoden, ganz bestimmt überzeugen. Die verwickelten und bestimmt geformten Kiesel- und Kalk-Skelete der Acyttarien und Radiolarien sind das unmittelbare Product einer vollkommen formlosen Plasma-Masse, von deren festflüssigem Zustande uns das bekannte Phaenomen der Sarcode-Strömung in jedem Augenblick den handgreiflichen Beweis liefert. Diese merkwürdigen Erscheinungen werfen auf die formbildende Function des Plasma und der Plastiden überhaupt das bedeutendste Licht. Vergl. besonders den Abschnitt über das Wachsthum in meiner Monographie der Radiolarien. Berlin 1862.

Siebentes Capitel.

Thiere und Pflanzen.

„Wenn man Pflanzen und Thiere in ihrem unvollkommensten Zustande betrachtet, so sind sie kaum zu unterscheiden. So viel aber können wir sagen, dass die aus einer kaum zu sondernden Verwandtschaft als Pflanzen und Thiere nach und nach hervortretenden Geschöpfe nach zwei entgegengesetzten Seiten sich vervollkommnen, so dass die Pflanze sich zuletzt im Baume dauernd und starr, das Thier im Menschen zur höchsten Beweglichkeit und Freiheit sich verherrlicht."
Goethe (Jena, 1807).

I. Unterscheidung von Thier und Pflanze.

„Der wissenschaftliche Standpunkt unserer Anschauungen von der organischen Natur hat sich in keinem Verhältnisse jedesmal so treu abgespiegelt, als da, wo es sich um Erörterung der Unterschiede handelt, welche zwischen Thier und Pflanze bestehen. Seit jener Zeit, als vor mehr denn hundert Jahren die Thiernatur der pflanzenartig festsitzenden, baumähnlich verästelten und blüthengleiche Individuen tragenden Polypenstöcke kund ward, hat jede neue Forschung in diesem Gebiete neue Theorieen zu Tage gebracht, von denen eine die andere verdrängte."

Diese Worte, mit denen Gegenbaur in seinen ausgezeichneten Grundzügen der vergleichenden Anatomie 1859 seine kritische Erörterung des Verhältnisses der Thiere zu den Pflanzen einleitete, bezeichnen treffend den hohen Werth, den diese Erörterung sowohl in theoretischer als in praktischer Beziehung besitzt. Wir werden uns derselben an diesem Orte um so weniger entziehen können, als die unschätzbare Erweiterung unseres biologischen Gesichtskreises, welche Darwin durch die causale Begründung der Descendenz-Theorie herbeigeführt hat, noch von keinem Biologen zur Lösung jener ebenso schwierigen als interessanten Frage benutzt worden ist. Wenn wir

nun hier diese Anwendung versuchen, und wenn wir dadurch auf einen neuen und fruchtbaren Standpunkt in jener Frage hingeleitet werden, so werden wir hierin zugleich einen neuen und werthvollen Beweis für die Wahrheit und die Unentbehrlichkeit der Abstammungslehre finden dürfen. In der That werden wir alsbald gewahr werden, dass in dieser, wie in allen allgemeinen biologischen Fragen, nur der rothe Faden der genealogischen Verwandtschafts-Lehre es ist, der uns gleich dem leitenden Ariadne-Faden durch die labyrinthische Verwickelung der organischen Form-Verhältnisse zu ihrem wissenschaftlichen Verständnisse emporzuführen vermag.

Die uralte Eintheilung der Organismen in die beiden Hauptgruppen oder „Reiche" der Pflanzen und Thiere ist, gleich der Unterscheidung mehrerer Hauptgruppen des Thierreichs (der Vögel, Fische etc.) nicht auf dem strengen Wege der wissenschaftlichen Untersuchung, Scheidung und Wägung ihrer verschiedenen Eigenschaften erzielt worden, sondern hervorgegangen aus der ersten oberflächlichsten und allgemeinsten Unterscheidung der lebendigen Naturkörper, welche schon der einfache Naturmensch ausübte, sobald er überhaupt das Bedürfniss fühlte, die wesentlichsten und hervorragendsten Unterschiede der ihn umgebenden Naturkörper mit einem Namen zu bezeichnen. Daher findet sich auch die Eintheilung der Lebewesen in Thiere und Pflanzen, und bestimmte Worte zur Bezeichnung dieser beiden Reiche, bei fast allen Naturvölkern, die überhaupt über die niedrigste Stufe thierischer Rohheit sich erhoben haben. Erst sehr viel später finden wir Versuche einer wissenschaftlichen Bestimmung dieser beiden Begriffe vor. Man schrieb nun den Thieren, welche sich gleich dem Menschen bewegen und empfinden, wie diesem, eine Seele zu, während man den Pflanzen, die der Empfindung und Bewegung zu entbehren scheinen, eine Seele absprach. Doch ist es sehr bemerkenswerth, dass schon der grösste Naturforscher des Alterthums, Aristoteles, in der scharfen Unterscheidung der beseelten Thiere und unbeseelten Pflanzen unübersteigliche Schwierigkeiten fand[1]). Wie in vielen anderen Erkenntnissen, so war auch in dieser der grosse griechische Naturphilosoph der nachfolgenden Welt um mehr als zwei Jahrtausende voraus. Linné, den wir als den formellen Begründer der organischen Systematik feiern, vermochte sich trotz seiner umfassenden systematischen Kenntnisse nicht auf die Höhe jener Aristotelischen Betrachtung zu erheben, hielt vielmehr die Unterschiede zwischen den beseelten Thieren und den seelenlosen Pflanzen für ebenso

[1]) „Die Natur geht allmählig von den Unbeseelten zu den Thieren über, durch solche, die zwar leben, aber nicht Thiere sind, so dass es scheint, dass das Eine sich vom Anderen dadurch, dass sie sich einander nahe stehen, ganz wenig unterscheidet." Aristoteles, de partibus anim. IV, 5. 681a. „So steigert sich jenes Princip des Lebens in unmerklichen Stufen bis zur Thierseele hinauf, so dass man in dem Verfolg jener Reihen das Nächstverwandte und das in der Mitte Liegende kaum zu unterscheiden vermag." Aristoteles, historia anim. VIII, 1. 588b 10. Vergl. J. B. Meyer: Aristoteles Thierkunde p. 172.

absolute und ohne allmählige Uebergänge bestehende, als die Unterschiede zwischen den „Species" und zwischen allen übrigen künstlichen Kategorieen seines Systems. Das Wesen der „Seele," welche die Thiere von den Pflanzen absolut unterscheiden sollte, setzte er in die Empfindung und die willkührliche Bewegung.[1]) Die Nachfolger Linnés, die meist gedankenlosen und dem Species-Dogma ergebenen Schulen der botanischen und zoologischen Systematiker hielten diese falschen Vorstellungen bis in die neueste Zeit hinein fest. Erheblichere Zweifel gegen dieselben wurden erst laut, als man sich im vierten und fünften Decennium unseres Jahrhunderts mit den sehr verbesserten Mikroskopen eifrig und vielseitig dem Studium jener zahllosen niederen Organismen zuwendete, welche als bewegliche, dem blossen Auge unsichtbare Körperchen alle süssen und salzigen Gewässer bevölkern. Unter diesen fand sich nun bald eine grosse Anzahl, welche in einigen Characteren der Form und der Lebenserscheinungen an die Thiere, in anderen an die Pflanzen sich anschloss; viele derselben vereinigten thierische und pflanzliche Charactere in einer so zweideutigen Weise, dass es geradezu unmöglich wurde, sie mit nur einiger Sicherheit dem einen oder anderen organischen Reiche zuzutheilen. Indem die einen Systematiker dieselben Formen mit Bestimmtheit als Pflanzen betrachteten, welche von Anderen ebenso bestimmt für Thiere erklärt wurden, entspannen sich bei Vielen sehr begründete Zweifel über die Vollgültigkeit der bisher allgemein angenommenen unterscheidenden Charactere. Einige kamen zu der Ueberzeugung, dass es nur darauf ankomme, neue und fester begründete Charactere aufzufinden, um die sicher vorhandene reale Grenze zwischen Pflanzen- und Thier-Reich scharf zu präcisiren, während Andere vielmehr an dieser Grenze selbst irre wurden und behaupteten, dass beide Reiche unmittelbar in einander übergingen, und zusammen ein einziges grosses Reich der Organismen bildeten.

Es wurden nun im Laufe der beiden letzten Decennien, sowohl von Botanikern als von Zoologen zahlreiche Versuche gemacht, theils absolut unterscheidende Kriterien zwischen den Thieren und Pflanzen aufzufinden, theils die Continuität beider Reiche zu beweisen. Wir haben hier weder Raum noch Veranlassung, auf alle diese einzelnen sehr divergenten Ansichten, die meistens gelegentlich bei Besprechung einer zweifelhaften Gruppe geäussert wurden, einzugehen, und begnügen uns, auf diejenigen Arbeiten zu verweisen, welche in den letzten Jahren die Frage am ausführlichsten behandelt haben.[2]) Die Monographen einzelner zweifelhafter Gruppen, z. B. der Schwämme, Myxomyceten, Flagellaten, Diatomeen etc. waren übrigens gewöhnlich vorzugsweise bestrebt, einen einzelnen unterscheidenden Character (insbesondere den der Beseelung, der Empfindung, der

---

[1]) „Vegetabilia vivunt, non sentiunt. Animalia vivunt et sentiunt sponteque se movent." Linné, Systema naturae.

[2]) C. Gegenbaur, De animalium plantarumque regni terminis et differentiis. Jenae 1860. E. Haeckel, Monographie der Radiolarien. Berlin 1862 (p. 159—165). C. Claus, Ueber die Grenze des thierischen und pflanzlichen Lebens. Leipzig 1863.

Willensbewegung) als bestimmend für die Natur der Gruppe nachzuweisen; die Consequenzen dieser Anwendung für alle zweifelhaften Mittelformen wurden aber von ihnen nicht gezogen. Theils dieser mangelnden Consequenz, theils der ungenügenden Vergleichung und unkritischen Wägung der unterscheidenden Charactere, theils aber auch den im Gegenstande selbst liegenden Hindernissen ist es zuzuschreiben, dass im gegenwärtigen Zeitpunkt eine Einigung über die Streitfrage nicht im Mindesten erzielt ist, dass vielmehr die Meinungen der einzelnen Systematiker über die Stellung der zweifelhaften Gruppen nicht weniger, als früher aus einander gehen. Nachdem die Unmöglichkeit, die gewöhnlich in erster Linie benutzten physiologischen Kriterien der Empfindung und der willkührlichen Bewegung zu einer absoluten Unterscheidung der Thiere und Pflanzen zu verwerthen, hinreichend dargethan war, versuchte man neuerdings die schärfer zu bestimmenden morphologischen Charactere als entscheidende für die Definition der beiden Reiche zu benutzen. Insbesondere hob zuerst Gegenbaur hervor, dass in der feineren Structur des thierischen und pflanzlichen Leibes allgemeine Unterschiede zu finden seien, welche wenigstens eine scharfe Definition der beiden Reiche gestatten, und wir selbst haben späterhin diese Ansicht noch weiter entwickelt und durch neue Gründe zu stützen gesucht. Indess hat sich unsere Ansicht keine weitere Geltung erringen können, und man hat sie auch insofern missverstanden, als man glaubte, dass wir durch Aufstellung dieses Differentialcharacters eine absolute Differenz zwischen dem Thier- und Pflanzenreiche überhaupt zu begründen suchten, während wir doch nur eine gleiche künstliche Definition der Gruppen zu geben wünschten, wie sie für jede grössere und kleinere Gruppe des Thier- und Pflanzenreichs zur praktischen Unterscheidung, und zur Begriffsbestimmung unentbehrlich ist.[1]) Für letzteren Zweck ist nun gewiss der von uns besonders hervorgehobene Character sehr wichtig, dass bei den Pflanzen die Zelle allgemein eine weit grössere Selbstständigkeit behält, als bei den Thieren.

Wir wollen indess auch auf diese Verhältnisse hier nicht weiter eingehen, da wir inzwischen zu der Ueberzeugung gelangt sind, dass sich die Frage nur von dem Standpunkte der Descendenz-Theorie aus naturgemäss beantworten lässt, und diese Beantwortung ist es, die wir hier zunächst versuchen wollen. Wir werden dabei zunächst die Bedeutung zu erwägen haben, welche die Eintheilung der Organismen in Thiere und Pflanzen, und die weitere Eintheilung derselben in Kreise, Klassen, Ordnungen und andere untergeordnete Systemgruppen überhaupt besitzt.

---

[1]) Sowohl Gegenbaur, als ich selbst, haben ausdrücklich erklärt, dass wir keine absolute Verschiedenheit zwischen Thier- und Pflanzen-Reich anerkennen, und dass wir den Versuch, ein morphologisches Unterscheidungs-Merkmal aufzustellen, in demselben Sinne wie jede systematische Eintheilung, d. h. als eine künstliche, aber praktisch unentbehrliche Grenzbestimmung ansehen und angesehen wissen wollen, so dass uns der mehrfach erhobene Vorwurf nicht trifft, dogmatisch da eine absolute Grenze gesetzt zu haben, wo der Natur keine vorhanden ist.

II. Bedeutung der Systemgruppen.

Die beiden Hauptgruppen oder „Reiche“ der Organismen, Thiere und Pflanzen, pflegt man allgemein, wie im gewöhnlichen Leben so auch in der biologischen Wissenschaft, als die beiden einzigen obersten, einander coordinirten Hauptgruppen der Lebewesen zu betrachten, und diese Anschauung hat schon seit sehr langer Zeit ihren Ausdruck in dem allgemeinen wissenschaftlichen Bewusstsein dadurch gefunden, dass man Zoologie und Phytologie (Botanik) als die beiden coordinirten Hauptzweige der Biologie betrachtet, sobald man als Eintheilungsprincip der letzteren die Verschiedenheit in der Organisation der Hauptgruppen benutzt.

Es wird nun allgemein in den Systemen der classificirenden Biologen oder der Systematiker jedes der beiden Reiche wieder in Unterreiche oder Kreise (Subregna, Orbes, Typi) eingetheilt; diese zerfallen weiter in mehrere kleinere Abtheilungen, die Klassen; ebenso diese wieder in Ordnungen, die Ordnungen in Familien, die Familien in Gattungen; endlich setzen sich die Gattungen aus den einzelnen Arten (Species), Unterarten (Subspecies), Rassen, Varietäten oder Spielarten zusammen. Alle diese subordinirten Kategorieen des Systems sind künstliche Abstractionen, welche durch den Aehnlichkeitsgrad der verglichenen concreten organischen Individuen bestimmt werden. Mögen nun die künstlichen oder natürlichen Systeme noch so sehr von einander verschieden sein, und mag man in diesen Systemen viele oder wenige von solchen über einander geordneten Gruppen oder Kategorieen unterscheiden, immer stimmen sie doch alle darin überein, dass die allgemeinere und höhere Gruppenstufe oder Kategorie des Systems (z. B. die Klasse, Ordnung) einen entfernteren und weiteren Grad der Aehnlichkeit oder der „natürlichen Verwandtschaft“ der darunter zusammengefassten Organismen bezeichnet, während die niedrigere und beschränktere Gruppenstufe (z. B. Gattung, Art) einen näheren und engeren Grad der „natürlichen Verwandtschaft“ ausdrücken soll.

Was ist nun diese „natürliche Verwandtschaft“ der Lebewesen? Sie ist nichts Anderes und kann nichts Anderes sein, als die wirkliche leibhaftige „Blutsverwandtschaft“, der genealogische Zusammenhang der Organismen. Die Gesammtheit aller grossen Erscheinungsreihen der organischen Natur weisst mit überwältigender Macht darauf hin, und die Descendenz-Theorie, welche dieselben zusammenfasst und aus dem genealogischen Gesichtspunkte einheitlich erklärt, liefert dafür den schlagenden Beweis, wie wir im sechsten Buche zeigen werden. Hier gehen wir von dieser bewiesenen Theorie aus und betrachten also allgemein den systematischen Divergenz-

grad zweier Organismen, d. h. den Grad des Abstands, den sie im System von einander haben, als den Maassstab für ihren wirklichen genealogischen Divergenzgrad, d. h. den Grad des Abstandes, den sie von einander hinsichtlich ihrer gemeinsamen Abstammung von den gleichen Stammformen haben. Das natürliche System der Organismen ist für uns ihr natürlicher Stammbaum, ihre genealogische Verwandtschaftstafel. Zur Erkenntniss derselben gelangen wir, wie wir im fünften Buche zeigen werden, durch die Vergleichung der überaus wichtigen dreifachen parallelen Stufenfolge, welche uns überall die palaeontologische, die embryologische und die systematische Entwickelung der Organismen darbietet.

Wie unten bewiesen werden wird, können wir auf diesem sicheren Wege die gemeinsame Entwickelung der divergentesten Organismen aus einer und derselben Stammform bis in die frühesten Zeiten hinauf verfolgen. Wir gelangen so z. B. zu dem äusserst wichtigen Resultate, dass alle Wirbelthiere, den Menschen nicht ausgeschlossen, von einer und derselben gemeinsamen Stammform entsprossen sind; dasselbe gilt von allen Coelenteraten, dasselbe von allen Echinodermen u. s. w. Kurz, wir gelangen auf dem bezeichneten Wege zu der Ueberzeugung, dass alle die unendlich mannichfaltigen organischen Formen, welche zu irgend einer Zeit auf der Erde gelebt haben, die äusserst differenzirte Nachkommenschaft von einer sehr geringen Anzahl von einfachen Stammformen sind; und aus den im vorigen Capitel angeführten Gründen können wir von der Natur dieser letzten einfachsten Urformen jedes Stammes aussagen, dass dieselben Organismen der allereinfachsten Art gewesen sein müssen, homogene, structurlose Urwesen, gleich der *Protamoeba,* und dem *Protogenes*, Moneren, welche durch Autogonie entstanden waren. Dieselben stellten die organischen Individuen erster Ordnung (Plastiden) in der denkbar einfachsten Form dar, da ihr structurloser und formloser, in seiner gesammten Eiweissmasse gleichartiger Plasmakörper noch keinerlei differente Theile besass. Erst ganz allmählig und langsam konnten sich aus diesen ersten Moneren, die sich durch Theilung fortpflanzten, differenzirte, heterogene Formelemente entwickeln, welche sich bald durch Sonderung von festerer Hülle und weicherem Inhalt zu einer Lepocytode (gleich der kernlosen „Fadenzelle“ eines Pilzes), bald durch Differenzirung von festerem Kern und weicherem Zellstoff zu einer Urzelle (gleich einer nackten Schwärmspore oder einer kernhaltigen Amoebe), bald durch Scheidung von Hülle, Kern und Plasma zu einer Hautzelle (gleich einer einzelligen Alge) gestalteten. Aus diesen entwickelte dann weiterhin die natürliche Zuchtwahl im Kampfe um das Dasein die ganze reiche Mannichfaltigkeit der zahllosen Formen, die

im Laufe von Milliarden von Jahren so äusserst divergenten Nachkommen den Ursprung gegeben haben.

Wenn diese Theorie wahr ist — und wir können nicht daran zweifeln — so wird nun zunächst mit Bezug auf die genetische Differenz der Thiere und Pflanzen die wichtige Frage entstehen, ob alle Thiere und alle Pflanzen der Erde sich aus einem einzigen oder aus mehreren autogonen Moneren entwickelt haben, und wenn Letzteres der Fall ist, aus wie Vielen? Leider ist nun diese wichtige Frage nur mit einem sehr geringen Grade von Sicherheit hypothetisch zu beantworten. Auch die sorgfältigste Erwägung und Vergleichung aller bekannten Thatsachen liefert uns nur äusserst unvollständige Anhaltspunkte, und es ist überdies nicht die mindeste Hoffnung dazu vorhanden, dass auch die wichtigsten palaeontologischen Entdeckungen, die uns noch vorbehalten sind, das tiefe Dunkel, welches über jener ältesten Periode des Moneren-Lebens auf der Erde schwebt, lichten und uns über dessen primitive Entwickelung irgend etwas Sicheres verkünden werden. Denn es liegt in der äusserst einfachen Natur jener ersten autogonen Moneren, die wahrscheinlich gleich den noch jetzt lebenden Protamoeben mikroskopisch kleine und ganz weiche, höchst zerstörbare Plasmaklumpen gewesen sind, dass weder von ihnen selbst, noch von ihren nächsten Nachkommen irgend welche erkennbaren Spuren oder Reste in dem sich ablagernden Schlamme des Urmeeres erhalten bleiben konnten. Erst nach Ablauf langer Zeiträume können sich aus ihnen allmählig vollkommenere und grössere Organismen mit härteren Theilen entwickelt haben, die im Stande waren, kenntliche Spuren im Sedimentgestein zu hinterlassen.

Die einzigen positiven Erfahrungen, die uns in dieser Beziehung zu Hülfe kommen, sind die allgemeinen Resultate der embryologischen Entwickelung. Wir wissen, dass jeder Organismus während seiner Ontogenie eine Stufenfolge von niederen zu höheren Formen durchläuft, welche der Phylogenie seines Stammes im Ganzen parallel läuft, und wir können also von den ersten Stadien der embryologischen auf die ersten Stadien der palaeontologischen Entwickelung durch Deduction zurückschliessen. Nun zeigt sich allerdings bei der Ontogenie der allermeisten Organismen als die erste Formstufe der individuellen Entwickelung eine einzige einfache Plastide, gewöhnlich kernhaltig (als Zelle), seltener kernlos (als Cytode).[1] Wir wissen

[1]) Auch als die ersten Stammformen derjenigen (der meisten) Organismen, deren erste Embryonalstufe eine kernhaltige Plastide (Zelle) ist, können wir kernlose Plastiden (Cytoden) ansehen, da aller Wahrscheinlichkeit nach durch Autogonie keine Zellen, sondern bloss structurlose Moneren, also Cytoden entstehen können, aus denen erst später Zellen sich differenziren. Die Erklärung dieser „Abkürzung der Entwickelung" siehe im fünften Buche.

auch, dass diese höchst einfachen Anfänge aller organischen Individuen ungleichartig sind, und dass äusserst geringe Differenzen in ihrer materiellen Zusammensetzung, in der Constitution ihrer Eiweiss-Verbindung genügen, um die folgenden Differenzen ihrer embryonalen Entwickelung zu bewirken. Denn sicher sind es nur äusserst geringe derartige Unterschiede, welche z. B. die erbliche Uebertragung der individuellen väterlichen Eigenschaften durch die minimale Eiweiss-Quantität des Zoosperms auf die Nachkommen vermitteln. Aber auch bei der sorgfältigsten Untersuchung sind wir nicht im Stande, mit unseren äusserst rohen Hülfsmitteln die unendlich feinen Differenzen wirklich zu erkennen, um deren Constatirung es sich hier handelt. Wir können also schon hieraus schliessen, dass es uns, selbst wenn wir die Moneren, aus denen die verschiedenen Stämme des Thier- und Pflanzen-Reiches entsprungen sind, neben einander vor uns hätten, ganz unmöglich sein würde, ihre primitiven Differenzen wahrzunehmen, und zu bestimmen, ob die einfachen Plasmaklumpen, welche den verschiedenen Stämmen des Thier- und Pflanzenreichs ihren Ursprung gegeben haben, ursprünglich gleich oder ungleich, ob sie alle autogon, oder ob sie bereits differenzirte, divergente Nachkommen einer einzigen autogonen Stammform gewesen sind.

Im Ganzen scheint uns bei genauerer Erwägung diese Frage, welche wir nie sicher werden beantworten können, nicht von der grossen Wichtigkeit zu sein, welche sie im ersten Augenblick beanspruchen möchte. Denn es ist unseres Erachtens für die wesentlichen Grundanschauungen der organischen Entwickelung ziemlich gleichgültig, ob in dem Urmeere zu der Zeit, als die erste Autogonie stattfand, an differenten Localitäten zahlreiche ursprünglich verschiedene Moneren oder aber viele gleichartige Moneren entstanden, welche sich erst nachträglich (durch geringe Veränderungen in der atomistischen Zusammensetzung des Eiweisses) differenzirten. Das Wichtigste ist und bleibt für uns die hypothetische Vorstellung, dass alle Organismen ihren ältesten Ursprung auf derartige einfachste, autogon entstandene Urwesen, auf homogene, structurlose Moneren zurückzuführen haben.

III. Ursprung des Thier- und Pflanzen-Reiches.

Die vorstehend berührte hypothetische Frage nach der ursprünglichen Zahl der autogonen Moneren, welche niemals mit Sicherheit zu entscheiden sein wird, hat hier für uns nur insofern ein besonderes Interesse, als man daraus Schlüsse könnte ziehen wollen auf die ursprüngliche Differenz des Thier- und Pflanzenreichs. Es würde sich hier vielleicht zunächst die Auffassung bieten, dass ursprünglich zwei verschiedene Moneren-Arten durch Autogonie entstanden seien, von

denen die eine als die älteste gemeinsame Stammform der Thiere, die andere als der gemeinsame Urstamm der Pflanzen zu betrachten sei. Wäre dieses der Fall, so würden Thier- und Pflanzenreich in der That zwei vollkommen selbstständige, von einander gesonderte Hauptgruppen darstellen. Andererseits könnten wir uns denken, dass die ursprüngliche erste Autogonie nur eine einzige Moneren-Form producirt habe, aus welcher sich, wie aus einer gemeinsamen Wurzel, Thier- und Pflanzenreich als zwei verschiedene Stämme nach zwei divergirenden Richtungen hin entwickelt haben. Endlich wäre daneben noch die dritte Möglichkeit übrig, dass mehr als zwei verschiedene autogone Moneren die ursprünglichen Stammformen aller Organismen seien, und in diesem Falle würde der Begriff des Thieres, oder der Pflanze, oder alle beide Begriffe, nicht der Ausdruck einer oder zweier continuirlich zusammenhängender Entwickelungsreihen, sondern ein Collectivbegriff für eine Summe von „ähnlichen" Stämmen sein; es entsteht dann auch die Frage, ob wirklich alle Organismen sich unter einen dieser beiden Begriffe subsumiren lassen, oder ob es daneben noch andere Lebewesen giebt, die wir weder Thiere noch Pflanzen nennen können. Wir müssen alle diese drei möglichen Fälle in Erwägung ziehen. Dabei bringen wir nochmals in Erinnerung, dass wir unter Moneren ausschliesslich die vollkommen homogenen und structurlosen Organismen einfachster Art verstehen, formlose lebende Eiweissklumpen gleich den Protamoeben, welche sich ohne besondere Organe ernähren und durch Selbsttheilung fortpflanzen. Die verschiedenen „Arten" (Species) dieser Moneren können sich demgemäss selbstverständlich einzig und allein durch sehr geringe Differenzen in der chemischen Constitution ihres Eiweisskörpers unterscheiden. Soviel verschiedene Moneren-Arten, soviel verschiedene Eiweiss-Verbindungen, als individuelle Urwesen lebend.

Erster möglicher Fall: Es ist nur eine einzige Moneren-Art durch Autogonie entstanden. Alle Organismen ohne Ausnahme sind die nach verschiedenen Richtungen hin entwickelten Nachkommen dieser einzigen Moneren-Art, sind Bestandtheile eines einzigen Phylon. In diesem Falle würde der Stammbaum aller Lebewesen sich unter dem Bilde eines einzigen grossen Baumes zusammenfassen lassen, aus dessen gemeinsamer Wurzel und Stammbasis zwei verschiedene Stämme oder Hauptzweige (Thier- und Pflanzenreich) nach zwei verschiedenen Richtungen ihre Krone getrieben haben, während die zweifelhaften Zwischenformen den Wurzelschösslingen gleichen würden, welche tief unten aus dem gemeinsamen Stamme ihren Ursprung genommen haben. Die übliche Eintheilung der Lebewesen in Thiere und Pflanzen würde dann eben so einen genealogischen Werth haben, wie jede andere Gruppenbildung des natürlichen Systems; sie würde

den weitesten Divergenzgrad der Blutsverwandtschaft bezeichnen. Dieser Fall ist nach unserer Ansicht nicht wahrscheinlich, da wir stärkere Veranlassung haben, eine Autogonie von mehr als einer einzigen Moneren-Art anzunehmen. Indessen ist er immer noch wahrscheinlicher, als der folgende.

Zweiter möglicher Fall: Es sind nur zwei verschiedene Moneren-Arten durch Autogonie entstanden, eine vegetabilische und eine animalische. Alle Pflanzen ohne Ausnahme sind die nach verschiedenen Richtungen hin entwickelten Nachkommen der einen, der vegetabilischen, ebenso alle Thiere ohne Ausnahme die Nachkommen der anderen, der animalischen Moneren-Art. Hiernach würden alle Organismen entweder Thiere oder Pflanzen sein müssen, wie es der in der That herrschenden Anschauung am meisten entsprechen würde. Alle Lebewesen würden demnach Bestandtheile zweier vollkommen selbstständiger Phyla sein, und sich entweder dem einen oder dem andern unterordnen lassen. In diesem Falle würde die Stammtafel aller Organismen uns das Bild von zwei grossen, vollkommen getrennten, und auch an der Wurzel nicht zusammenhängenden Bäumen darbieten, deren jeder sich aus seinem eigenen Samenkorn entwickelt und seine eigene Krone getrieben hat. Die niedrigen zweifelhaften Zwischenformen würden tief unten aus der Wurzel entweder des einen oder des anderen Baumes oder aber beider Bäume hervorgekommen sein. Die gewöhnliche Unterscheidung der Lebewesen in Thiere und Pflanzen würde in diesem Falle vollkommen der Natur entsprechen und die absolute Verschiedenheit der beiden Hauptgruppen richtig bezeichnen. Beide würden von Grund aus und durchweg verschieden sein. Dieser Fall entspricht zwar am meisten der gewöhnlichen Naturauffassung, ist aber, wie wir glauben, der am meisten unwahrscheinliche von allen drei Fällen.

Dritter möglicher Fall: Es sind mehr als zwei verschiedene Moneren-Arten durch Autogonie entstanden, welche mehr als zwei selbstständigen Organismen-Stämmen den Ursprung gegeben haben. Dieser Fall ist nach unserer Ansicht der bei weitem wahrscheinlichste von allen drei möglichen Fällen, und wir müssen daher denselben einer besonders sorgfältigen Erwägung unterziehen. Wir glauben, dass für diesen Fall sowohl a posteriori die thatsächlich herrschenden Differenzen über die Abgrenzung des Pflanzen- und Thier-Reichs, und über die Stellung der zahlreichen zweifelhaften Mittelformen sprechen, als auch die Vorstellungen, welche wir uns auf Grund unserer geologischen Erkenntnisse a priori über die Vorgänge der Autogonie, über die Bedingungen, unter denen die ersten Organismen entstanden, machen können. Fassen wir alle diese Vorstellungen zusammen und vereinigen sie mit den allgemeinsten Resultaten der Morphogonie, so begünstigen sie weit mehr die An-

nahme, dass eine grössere Anzahl von ursprünglich (wenn auch nur wenig) verschiedenen Moneren-Arten durch Autogonie entstanden sei, als die entgegengesetzte Hypothese, dass alle Organismen nur einer einzigen oder nur zwei ursprünglich verschiedenen autogonen Moneren-Arten ihren Ursprung verdanken.

Wenn wir uns, was allerdings ausserordentlich schwierig, unsicher und dunkel ist, irgend eine Vorstellung über den Zustand unserer Erdrinde zu der Zeit zu bilden versuchen, als die erste Autogonie von Moneren stattfand, so werden doch wohl alle hierüber möglichen Vorstellungen darin übereinstimmen, dass zu jener Zeit bereits an verschiedenen Orten verschiedene physikalisch-chemische Bedingungen für die Autogonie obwalteten, und dass mithin auch an verschiedenen Stellen in Folge dieser Differenzen verschiedene Moneren-Arten entstanden sein werden — Arten, welche, wie bemerkt, sich wahrscheinlich blos durch leichte Abweichungen in der chemischen Constitution ihres Plasmakörpers, ihrer individualisirten Eiweiss-Verbindung unterschieden haben werden. Auch wenn wir uns den einfachsten Zustand der erstarrten Erdrinde zu jener Zeit vorstellen, den Fall nämlich, dass die ganze Erdkugel ringsum gleichmässig von einer heissen Wasserhülle und darüber von einer dichten kohlensäurereichen Dampfhülle umgeben gewesen sei, so hat doch sicher schon die feste, allenthalben von dem Urmeere, wie von einer Wasserschale umgebene Erdrinde in ihrer Oberflächenbildung keine absolute Gleichmässigkeit dargeboten. Die Risse und Sprünge, welche bei der Abkühlung der feurig-flüssigen Erdkugel in ihrer erstarrenden Rinde entstanden, haben vielmehr schon frühzeitig mannichfaltige Unebenheiten und Untiefen auf dem Boden des verschieden tiefen Urmeeres bedingt, Unebenheiten, welche durch das Hervorquellen neuer feurig-flüssiger Gesteinsmassen aus den Spalten der Rinde noch bedeutend vermehrt wurden, und, indem sie sich mehr und mehr steigerten, eine immer grössere Mannichfaltigkeit in der physikalisch-chemischen Beschaffenheit verschiedener Stellen des Urmeeres hervorbrachten. Sehr frühzeitig und vielleicht schon lange vor Eintritt der Autogonie wird die Tiefe des Urmeeres, seine Dichtigkeit, seine Temperatur, sein Salzgehalt, seine Schwängerung mit verschiedenen gelösten Substanzen an vielen Stellen eine sehr verschiedene gewesen sein, und es werden also vielfach verschiedene Bedingungen obgewaltet und auf die Autogonie eingewirkt haben. Wahrscheinlich sind also sehr zahlreiche, verschiedene Moneren-Arten autogon entstanden, alle darin übereinstimmend, dass sie die denkbar einfachste Organismenform repräsentirten, nämlich vollkommen homogene, formlose und structurlose Eiweissklumpen, welche lebten (d. h. sich ernährten und durch Theilung fortpflanzten) und welche nur durch sehr geringe Differenzen in der chemischen Constitution der Eiweiss-Verbindungen sich unterschieden.

Aber selbst in dem Falle, dass nur eine und dieselbe Moneren-Art, d. h. eine und dieselbe Eiweiss-Verbindung in individueller Form, an vielen Stellen des die Erdrinde umhüllenden Urmeeres gleichzeitig entstanden wäre, würden doch alsbald bei der Anpassungs-Fähigkeit der Moneren an die verschiedenen Existenz-Bedingungen zahlreiche Differenzen bei den sich fortpflanzenden autogonen Moneren zu Stande gekommen sein, die zur Bildung vieler sehr verschiedener Moneren-„Arten" geführt haben werden. Zudem ist es höchst wahrscheinlich, dass die Bedingungen, welche für den Eintritt der Autogonie nöthig waren, sehr lange Zeit hindurch ununterbrochen fortdauerten und dass demnach dieser Akt nicht nur einmal und an einer einzigen Stelle stattfand, sondern lange Perioden hindurch und an vielen Stellen des Urmeeres vor sich ging. Ist ja doch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass die Autogonie seit ihrem ersten Eintritt ununterbrochen fortdauerte und auch gegenwärtig noch stattfindet. Wenigstens könnte dafür die fortdauernde Existenz von höchst einfachen Moneren *(Protamoeba, Protogenes)* angeführt werden, die uns die denkbar einfachsten Formen jener Autogonen noch jetzt unmittelbar vor Augen führen.

Alle diese Umstände und die darauf gegründeten Erwägungen bestimmen uns a priori zu der Annahme, dass zahlreiche, verschiedene Moneren-Arten unabhängig von einander im Urmeere entstanden sind, dass aber die meisten derselben im Kampfe um das Dasein nach den von Darwin entwickelten Gesetzen wieder früher oder später untergegangen sein werden, während nur sehr wenige sich zu erhalten und zu formenreichen Phylen durch Differenzirung zu entwickeln vermocht haben. Es werden also jetzt nur noch verhältnissmässig wenige selbstständige, aus verschiedenen Moneren zu verschiedener Höhe entwickelte Stämme oder Phylen neben einander fortexistiren, während der bei weitem grösste Theil derselben schon wieder untergegangen ist. Nun stimmen in der That mit diesen a priori erlangten Annahmen die eigenthümlichen Verhältnisse, welche uns a posteriori die Vergleichung der Thiere und Pflanzen und der zwischen ihnen mitten inne stehenden unbestimmten Organismen aufdeckt, ganz vortrefflich überein. Alle über diesen schwierigen Punkt geführten Streitigkeiten finden ihre Erledigung, sobald wir annehmen, dass die zahlreichen Organismen, welche sich unmöglich ohne offenbaren Zwang entweder dem Thier- oder dem Pflanzenreiche einreihen lassen, mehreren selbstständigen Stämmen von Lebewesen angehören, die sich unabhängig von den Stämmen des Thier- und Pflanzen-Reichs entwickelt haben. Wir finden in den bekannten Thatsachen durchaus keine Nöthigung für die Annahme, dass alle Organismen-Stämme entweder Thiere oder Pflanzen sein müssen. Vielmehr müssen wir die bisher gültige exclusive Zweitheilung in Thier- und Pflanzenreich in dieser Beziehung für nicht begründet erachten. Es ist schon von verschiedenen Seiten dar-

auf aufmerksam gemacht worden, dass es sowohl für die Zoologie als für die Botanik ein grosser Gewinn sein würde, wenn man die vielen zweifelhaften Lebewesen, die weder echte Thiere noch echte Pflanzen sind, in einem besonderen Mittelreiche oder Urwesenreiche vereinigen würde; doch hat unseres Wissens noch Niemand den Versuch gemacht, ein solches neues Reich der Urwesen nach Inhalt und Umfang fest zu bestimmen, und seine Begrenzung wissenschaftlich zu begründen und zu rechtfertigen. Wir wagen hier diesen Versuch auf Grund der obigen Deductionen und schlagen vor, alle diejenigen selbstständigen Organismen-Stämme, welche weder dem Thier- noch dem Pflanzenreiche mit voller Sicherheit und ohne Widerspruch zugerechnet werden können, unter dem Collectivnamen der Protisten,[1] Erstlinge oder Urwesen, zusammenzufassen.

IV. Stämme der drei Reiche.

Wenn unsere vorhergehenden Betrachtungen richtig sind, und wenn wir mit Recht annehmen, dass die mannichfaltig entwickelten Gruppen der Organismenwelt mehr als zwei verschiedenen autogonen Moneren ihren Ursprung verdanken, und demnach mehr als zwei verschiedene Stämme oder Phylen darstellen; wenn wir ferner mit Recht diese verschiedenen, ganz von einander unabhängigen Phylen auf die drei Hauptgruppen oder Reiche der Thiere, Protisten und Pflanzen vertheilen, so haben wir nun hier weiter die Frage zu beantworten, ob jede dieser drei Hauptgruppen aus einem oder aus mehreren, und im letzteren Falle aus wie vielen Stämmen oder Phylen sie besteht.

Die Betrachtungen, welche wir oben über die Bedingungen der Autogonie angestellt haben, im Verein mit einer allgemeinen Vergleichung der Verwandtschafts-Verhältnisse zwischen den sogenannten „Klassen“ der organischen Reiche, scheinen uns zu der Annahme zu berechtigen, dass jedes der drei organischen Reiche aus mehreren Phylen zusammengesetzt ist. Am wenigsten zweifelhaft scheint uns dies für die Protisten zu sein. Dagegen liesse sich einerseits das Thierreich, andererseits das Pflanzenreich (namentlich das letztere) schon mit mehr Wahrscheinlichkeit als ein einziger Stamm auffassen, obwohl wir unsererseits mehr geneigt sind, auch hier mehrere selbstständige Stämme anzunehmen. Denn wenn wir die palaeontologischen und embryologischen Entwickelungs-Reihen aller Organismen vergleichend ins Auge fassen, uns einen umfassenden und allseitigen Ueberblick über alle Organisations-Verhältnisse der drei Reiche zu gewinnen streben, so werden wir ebenso hinsichtlich des Thier-

---

[1] πρώτιστον, τὸ; das Allererste, Ursprüngliche.

reichs und des Pflanzenreichs, wie hinsichtlich des Protistenreiches zu der Ansicht hingeführt, dass jedes derselben eine Gruppe von mehreren, aus verschiedenen Moneren autogon entstandenen Stämmen darstelle.

Offenbar ist diese Frage, obwohl bisher noch von Niemand in Angriff genommen, für die vergleichende Morphologie von der grössten Wichtigkeit. Denn es handelt sich dabei um die endgültige Entscheidung, ob die auffallenden Aehnlichkeiten, welche wir zwischen den Stämmen jedes Reiches wahrnehmen (z. B. die Aehnlichkeiten zwischen den Wirbelthieren und Gliederthieren, oder zwischen den Nematophyten und Cormophyten), homologe, durch gemeinsame Abstammung erworbene, oder aber analoge, durch gleiche Anpassung entstanden sind. Wenn alle Organismen jedes der drei Reiche von einem und demselben autogonen Monere abstammen, wenn mithin jedes Reich einen einzigen Stamm darstellt, so können auch zwischen allen Gliedern des Stammes Homologieen existiren d. h. Aehnlichkeiten, welche auf der gemeinsamen Abstammung, auf der Vererbung von der gemeinsamen Stammform beruhen. Wenn dagegen jedes Reich aus mehreren Phylen besteht, die ganz unabhängig von einander aus verschiedenen Moneren entstanden sind, so können auch alle Aehnlichkeiten, welche sich etwa zwischen Gliedern verschiedener Stämme auffinden lassen, nur Analogieen sein, d. h. durch die ähnliche Anpassung an ähnliche Existenzbedingungen erworben. Wenn z. B. alle Thiere Glieder eines einzigen Thier-Phylon sind und ihren gemeinsamen Ursprung auf eine einzige Moneren-Art zurückzuführen haben, so wird die Gliederung der Vertebraten und Articulaten, die Zusammensetzung ihres Rumpfes aus vielen hinter einander liegenden Metameren, auf Homologie beruhen; wenn dagegen das Thierreich aus mehreren Phylen besteht, und wenn Vertebraten und Articulaten zwei getrennte Phylen darstellen, so wird die ähnliche Gliederung ihres Rumpfes nur als Analogie aufzufassen sein. Offenbar ist aber dieser Unterschied für die philosophische Morphologie von der äussersten Wichtigkeit.

Die Hülfsmittel, welche uns zur Lösung dieser eben so wichtigen als schwierigen Frage zu Gebote stehen, sind nun allerdings äusserst unvollkommen und unsicher. Wir können dieselbe, wie die vorhergehenden Fragen, nur mit annähernder Wahrscheinlichkeit entscheiden, durch umsichtige Erwägung der vielfach verwickelten Beziehungen, welche uns die embryologische, palaeontologische und systematische Entwickelung und der lichtvolle Parallelismus dieser drei Entwickelungsreihen an die Hand giebt. Wenn wir nun, wie es im sechsten Buche eingehend geschehen wird, auf Grund dieser Erwägungen möglichst sorgfältig und umsichtig Umfang und Zahl der

Stämme zu bestimmen suchen, so kommen wir zu dem Resultate, dass jedes der drei Reiche aus mehreren Stämmen besteht, deren jeder aus einer eigenthümlichen Moneren-Art sich entwickelt hat. Zwar ist es möglich, dass diese verschiedenen Stämme doch noch an ihrer Wurzel zusammenhängen, d. h. dass die scheinbar selbstständigen Urformen der einzelnen Stämme durch Differenzirung einer einzigen autogonen Moneren-Art entstanden sind; allein wir besitzen keine hinreichenden Garantieen, um dies mit einiger Sicherheit behaupten zu können. Es scheint uns aber für unseren Gegenstand weit erspriesslicher, nur die genügend sicheren Phylen als geschlossene Einheiten hinzustellen, als einen tieferen Zusammenhang derselben, und eine vielleicht nicht begründete Einheit ihrer Wurzel zu behaupten. So können wir also z. B. sämmtliche Wirbelthiere und ebenso sämmtliche Gliederthiere als Glieder eines einzigen Stammes mit aller Sicherheit hinstellen, und von einem Phylon der Vertebraten, einem Phylon der Articulaten sprechen. Wir können aber nicht mit genügender Sicherheit von einem vereinten Phylon der Vertebraten und Articulaten sprechen, obwohl uns ihr primitiver Zusammenhang vielleicht wahrscheinlich ist. Wir müssen daher bei Bestimmung des Umfangs und Inhalts der einzelnen Phylen in dieser Beziehung sehr vorsichtig sein, und ziehen es entschieden vor, lieber eine grössere Anzahl von Phylen anzunehmen, deren jeder uns sicher eine geschlossene Einheit von blutsverwandten Organismen darstellt, als eine geringere Anzahl von Stämmen, von denen vielleicht einer oder der andere selbst erst wieder aus mehreren ursprünglich getrennten Stämmen zusammengesetzt ist.

Da wir im sechsten Buche unsere Auffassung und Begränzung der Organismen-Stämme ausführlich begründen werden, so begnügen wir uns hier mit einer einfachen Aufzählung derselben, und heben dazu nur wiederholt und ausdrücklich folgenden wichtigen Grundsatz hervor: **Jeder Stamm (Phylon) der Organismen-Welt umfasst sämmtliche jetzt noch existirende oder bereits ausgestorbene Lebensformen, welche alle von einer und derselben autogonen Stammform ihre Herkunft ableiten. Diese Stammform (autogones Urwesen) ist stets zu denken als ein vollkommen structurloses und homogenes Moner**, ein einfachstes organisches Individuum, ein lebender Klumpen einer Eiweissverbindung, der sich ernährte und durch Theilung fortpflanzte, und aus welchem erst allmählig in vielen Fällen eine Zelle (durch Differenzirung von Kern und Plasma) und aus dieser (durch Theilung) ein mehrzelliges Lebewesen sich entwickelt hat. Einige Phylen sind auf dem primitiven Urzustande des Moneres stehen geblieben, andere haben sich zu einzelligen, andere zu mehrzelligen Organismen entwickelt.

Wenn wir nun von diesen festen Gesichtspunkten aus die Zahl der Stämme, die in jedem der drei organischen Reiche sich mit einiger Sicherheit unterscheiden lassen, bestimmen, so kommen wir zu folgendem System der Phylen: A. Thierreich: 1) *Vertebrata* (Pachycardia et Leptocardia). 2) *Mollusca* (Cephalota et Acephala). 3) *Articulata* (Arthropoda, Vermes et Infusoria). 4) *Echinodermata*. 5) *Coelenterata*. B. Protistenreich: 1) *Spongiae* (Porifera). 2) *Noctilucae* (Myxocystoda). 3) *Rhizopoda* (Radiolaria, Actinosphaerida et Acyttaria). 4) *Protoplasta* (Arcellida, Amoebida et Gregarinae. 5) *Moneres* (Protamoebae, Protogenida et Vibriones). 6) *Flagellata*. 7) *Diatomea*. 8. *Myxomycetes* (Mycetozoa). C. Pflanzenreich: 1) *Phycophyta* (Algae pro parte). 2) *Characeae*. 3) *Nematophyta* (Fungi et Lichenes). 4) *Cormophyta* (Phanerogamae omnes et Cryptogamae exclusis Nematophytis, Characeis et Phycophytis).

V. Characteristik der Stämme und Reiche.

Da nach unserer Ansicht jedes der drei Organismen-Reiche aus mehreren Phylen besteht, so muss natürlich der systematische Werth, die classificatorische Bedeutung der Reiche gänzlich von der der Stämme verschieden sein. Der Stamm ist eine natürliche Gruppe, eine concrete Einheit, das Reich dagegen eine künstliche Gruppe, eine abstracte Einheit. Alle Glieder und über einander geordneten Kategorieen (Klassen, Ordnungen, Gattungen, Arten etc.) eines Stammes sind innerhalb desselben durch das continuirliche Band der gemeinsamen Abstammung zu einem untrennbaren realen Ganzen verbunden, durch Homologie. Alle Stämme eines Reiches dagegen sind nur künstlich durch gewisse Aehnlichkeiten zu einer idealen Einheit zusammengestellt, durch Analogie. Daher hat denn auch der Versuch einer Characteristik oder differentiellen Diagnostik einen ganz verschiedenen Werth bei den Reichen und bei den Stämmen. Wir werden leichter eine umfassende künstliche Diagnose der drei organischen Reiche, als eine erschöpfende natürliche Characteristik der einzelnen Stämme geben können. Machen wir aber wirklich dazu den Versuch, so finden wir alsbald, dass sowohl jene als diese in absoluter Vollkommenheit nicht zu geben ist.

Eine erschöpfende und alle Glieder (Kategorieen) des Stammes gleichmässig umfassende Characteristik eines Phylon ist ganz unmöglich. Zwar findet man in allen Lehrbüchern solche Definitionen oder Diagnosen der grossen Hauptgruppen, welche im Ganzen unseren Stämmen entsprechen, und diese Diagnosen haben oft den vollen Schein einer abgerundeten Definition. Auch ist es in der That nicht schwer, manche Phylen in dem Umfange, wie wir sie jetzt kennen, vortrefflich durch bestimmte und scharf unter-

scheidende Merkmale zu characterisiren. So z. B. ist die Diagnose des Wirbelthier-Stammes, des Coelenteraten-Stammes etc. mit voller Schärfe und Sicherheit zu geben. Allein eine solche Diagnose ist nur möglich dadurch, dass man ausschliesslich die vollendeten Formen zusammenstellt und vergleicht, die werdenden und nicht entwickelten dagegen ausschliesst. Dies gilt ganz ebenso von der Definition der Stämme, wie von derjenigen der Gruppen innerhalb der Stämme. Jeder wird uns dies zugeben, wenn er an die embryonale Entwickelung denkt. Es ist z. B. ganz unmöglich, die Embryonen von Vögeln und Reptilien bis zu einer gewissen Zeit ihrer Entwickelung zu unterscheiden, und doch setzt die Definition der vollendeten Formen beide Klassen scharf und vollständig von einander ab. Ebenso ist es ganz unmöglich, die Eier und die ersten Entwickelungszustände (z. B. die maulbeerförmigen Zellenhaufen, die aus der totalen Eifurchung hervorgehen) von Thieren verschiedener Klassen (z. B. Cephalophoren und Lamellibranchien) zu unterscheiden; diese Unterscheidung ist selbst bei Angehörigen ganz verschiedener Stämme (z. B. Echinodermen und Mollusken) oft unmöglich. In noch viel höherem Maasse macht sich aber dieser Umstand geltend, wenn wir an die palaeontologische Entwickelung und an die continuirlich zusammenhängenden Stufenreihen von Formen denken, die aus einer und derselben gemeinsamen Wurzelform nach verschiedenen Richtungen hin sich divergent entwickeln. Da hier überall eine unendliche Menge verbindender Zwischenglieder ganz allmählig von einer Form in die andere hinüberleitet und da auch die höchst entwickelten und scharf ausgebildeten Endglieder der Entwickelungsreihen durch eine ununterbrochene Stufenfolge mit den niedersten und einfachsten Moneren, den gemeinsamen autogonen Stammformen, continuirlich zusammenhängen, so ist es geradezu unmöglich, sowohl die einzelnen Glieder (Kategorieen) eines Stammes durch eine scharfe Definition zu unterscheiden, als auch den ganzen Stamm durch eine auf alle seine Glieder passende und auf kein Glied eines anderen Stammes passende Diagnose zu characterisiren. Wenn dies dennoch häufig möglich zu sein scheint, wenn wir z. B. die drei Klassen der Säuger, Vögel und Reptilien durch scharfe Diagnosen trennen, wenn wir den Stamm der Wirbelthiere scharf characterisiren, so ist dies blos dadurch möglich, dass wir ausschliesslich die höchst entwickelten und ausgebildeten Formen vergleichen und die zahllosen embryologischen und palaeontologischen Entwickelungszustände gänzlich vernachlässigen. So z. B. können wir die drei Ordnungen der Hufthiere (Pachydermen, Pferde und Wiederkäuer) in der Jetztwelt sehr scharf von einander trennen; es ist dies aber ganz unmöglich, wenn wir ihre früheren Embryonal-Zustände, oder auch wenn wir nur ihre ausgestorbenen Blutsverwandten der Tertiärzeit mit in den Kreis

der Betrachtung hineinziehen, welche theils die gemeinsamen Stammformen, theils die unmittelbaren Zwischenglieder zwischen denselben darstellen. Nur desshalb können wir scharf den Stamm der Wirbelthiere von den übrigen thierischen Phylen trennen, weil wir von ihnen nur die hoch entwickelten Formen der Fische, Amphibien und der allantoiden Vertebraten kennen, während uns alle ihre einfacher gebauten Vorfahren und die zahllosen niedrigeren Vertebraten, von denen uns blos der einzige *Amphioxus* eine Ahnung zu geben vermag, ganz unbekannt sind. Und doch muss sich auch der Stamm der Wirbelthiere, ebenso wie der der Articulaten, aus einem autogonen, einer *Protamoeba* ähnlichen Monere allmählig entwickelt haben, wie uns schon ihre gemeinsame embryonale Entwickelung aus einem einfachen Eie beweisst. Jeder Stamm muss sich aus einem solchen einfachsten Monere allmählig stufenweis emporgehoben haben, muss also auch zahlreiche, höchst unvollkommene „Species" innerhalb seines Formenkreises einschliessen, welche nur als einfachste Individuen erster Ordnung, als Plastiden (erst Cytoden, später Zellen) existirt und sich längere Zeit hindurch auch als solche fortgepflanzt haben, ehe sich aus ihnen im Kampfe um das Dasein höhere Organismen entwickelten. Wir können also zu einer differentiellen Diagnose jedes Phylon, zu einer wirklich characteristischen Definition jedes Stammbegriffs nur dadurch künstlich gelangen, dass wir die höchst entwickelten Formen allein berücksichtigen und die unvollkommneren und indifferenten embryonalen und palaeontologischen Entwickelungsformen ausschliessen.

Ganz ebenso unmöglich, als eine scharfe Unterscheidung und eine vollständige Characteristik der einzelnen Stämme, ist auch eine vollkommen scharfe Diagnose und eine alle Glieder jedes Reiches umfassende Definition der drei Reiche, deren jedes wieder aus mehreren Stämmen besteht. Da jedoch der Begriff des Reiches nicht, wie der des Stammes, einer realen Einheit entspricht, sondern blos ein künstlicher Collectivbegriff ist, und sich auf eine Anzahl von Analogieen, von Aehnlichkeiten stützt, die mehrere selbstständige Stämme unter sich zeigen, so brauchen wir in der Diagnose der Reiche bloss diese, allen Stämmen eines Reiches und allen Stämmen der anderen Reiche abgehenden Eigenthümlichkeiten hervorzuheben, um sie von einander künstlich zu unterscheiden. Natürlich werden auch hier nur die ausgebildeteren Formen berücksichtigt werden können, welche jene Unterschiede deutlich zeigen, da wir keine Mittel besitzen, die niedersten und einfachsten Formen, die frühesten embryologischen und palaeontologischen Entwickelungsstufen (ebenso der einzelnen Reiche, wie der einzelnen Stämme) von einander zu unterscheiden. Es wird also auch diese Diagnose der Reiche eine durchaus künstliche und mangelhafte sein, gleich allen anderen Diagnosen des Systems. Da wir aber diese

Diagnosen nicht entbehren können, und da wir in der wissenschaftlichen Praxis überall die einzelnen Gruppen (Klassen, Arten etc.) scharf trennen und durch Namen unterscheiden müssen, obwohl wir wissen, dass sie durch unmerkliche Zwischenformen zusammenhängen, so wollen wir auch hier den schwierigen und gefährlichen vorläufigen Versuch wagen, eine künstliche und möglichst (!) scharfe Characteristik der drei Reiche, unter vorwiegender Berücksichtigung der vollkommeneren, am meisten ausgebildeten Formen aufzustellen.

VI. Character des Thierreiches.

Fünf Stämme des Thierreiches: 1. Vertebrata (Pachycardia et Leptocardia). 2. Mollusca (Cephalota et Acephala). 3. Articulata (Arthropoda, Vermes et Infusoria). 4. Echinodermata. 5. Coelenterata.

VI. A. Chemischer Character des Thierreiches.

Aa. Character der chemischen Substrate der Thiere.

Die wichtigsten Substanzen des Thierkörpers (vor Allen das Plasma oder Protoplasma der Plastiden) sind Eiweiss-Verbindungen (Albuminate), durch deren Thätigkeit die meisten anderen Verbindungen des Thierleibes mittelbar oder unmittelbar erzeugt werden. Die Eiweisskörper der Thiere treten in zahlreichen noch sehr unbekannten Modificationen auf, von denen die wichtigsten das Thiereiweiss (das beim Erhitzen in Flocken gerinnende Albuminat der Eier, des Blutserum, des Muskelsaftes), der Thierfaserstoff (Blutfibrin, Muskelsyntonin etc.) und der Thierkäsestoff (Casein der Milch etc.) sind. Aus den Eiweiss-Verbindungen der Thierkörper gehen stickstoffhaltige, meist sauerstoffreichere und kohlenstoffärmere Eiweiss-Derivate hervor, welche besonders als Zellenausscheidungen, als Cuticularbildungen und als Intercellularsubstanzen, eine grosse Rolle spielen, und welche auch von vielen Protisten, dagegen von den Pflanzen sehr selten, vielleicht nie erzeugt werden: Hornsubstanz (der Epithelialgewebe), leimgebende Substanz (der Bindegewebe), elastische Substanz und die nahverwandte Substanz der Membranen der meisten thierischen Zellen; ferner die vielerlei Modificationen des Chitins und der verwandten Substanzen (Fibroin, Conchiolin etc.). Ebenso sind die Thiere ausgezeichnet durch die Erzeugung von stickstoffhaltigen Säuren (Harnsäure, Hippursäure, Inosinsäure etc.), welche den Pflanzen fehlen, wogegen die stickstofffreien Säuren hier eine sehr viel geringere Verbreitung und Bedeutung, als bei den Pflanzen haben. Die stickstoffhaltigen Basen der Thiere (Harnstoff, Kreatin, Leucin etc.) sind schwach alkalisch und fast von constanter Zusammensetzung,

umgekehrt wie bei den Pflanzen. Der wichtigste Farbstoff der Pflanzen, das Chlorophyll, kommt in den Thieren nur sehr selten vor (z. B. bei *Stentor*, bei *Hydra viridis*, einigen Turbellarien, *Bonellia* etc.). Fette kommen in allen Thieren vor. Die stickstofffreien Verbindungen aus der Gruppe der Kohlenhydrate, welche bei den Pflanzen als Cellulose, Stärke, Gummi, Zucker etc. eine so hervorragende Rolle spielen, kommen in den Thieren nur selten vor (Cellulose im Mantel der Tunicaten); nur der Zucker (Milchzucker, Traubenzucker) ist häufig. Während diese Kohlenhydrate, vor Allen die Cellulose, im Pflanzenkörper die eigentlich skeletbildenden Substanzen sind, finden wir dagegen im Körper der meisten Thiere Skelete aus anorganischen, d. h. nicht kohlenstoffhaltigen Verbindungen, gebildet, insbesondere aus Kalksalzen; bei den Wirbelthieren überwiegt der phosphorsaure, bei den Wirbellosen der kohlensaure Kalk, der oft den grössten Theil des Körpers bildet (Anthozoen). Im Allgemeinen treten diese und andere Salze (insbesondere der Alkalien und alkalischen Erden, Kochsalz etc.) im Thierkörper in constanteren Mengenverhältnissen auf und können sich weniger substituiren, als dies bei den Pflanzen der Fall ist.

Ab. Character der chemischen Processe der Thiere.

Der wesentliche Character der chemischen Processe, welche im Thierkörper vor sich gehen, beruht auf Analyse und Oxydation zusammengesetzter Verbindungen, und lässt sich in den wenigen Worten zusammenfassen: Das Thier ist ein Oxydations-Organismus. Das Thierleben im Grossen und Ganzen ist ein Oxydations-Process. Die Thiere bilden aus den verwickelten „organischen" oder Kohlenstoff-Verbindungen (Albuminaten, Fetten etc.), welche sie aus den Pflanzen als Nahrung aufnehmen, durch Analyse und Oxydation die einfacheren „anorganischen" Verbindungen (Kohlensäure, Wasser und Ammoniak), welche wiederum den Pflanzen zur Nahrung dienen. Doch kommen im Einzelnen daneben auch vielfach synthetische und Reductions-Processe vor.

VI. B. Morphologischer Character des Thierreiches.

Ba. Character der thierischen Individualitäten.

Der wesentliche tectologische Character der Thiere liegt sowohl in der verwickelteren Zusammensetzung des Thierleibes aus weit differenzirten Individuen verschiedener Ordnung, als auch besonders in der verschiedenartigsten Ausbildung der Individuen zweiter Ordnung, der Organe, welche viel mannichfaltiger, als bei den Pflanzen und Protisten, differenzirt und polymorph sind. Die Plastiden, die Individuen erster Ordnung, sind bei den Thieren allermeist Zellen, und zwar meistens Nacktzellen (ohne Membran), weniger Hautzellen (mit

Membran). Sehr häufig, und allgemein in den entwickelten Personen, vereinigen sich bei den Thieren mehrere Nacktzellen zur Bildung von Zellstöcken (Nervenfasern, Muskelfasern), was bei den Pflanzen nur bei der Bildung der Milchsaftgefässe und der Spiralgefässe geschieht. Daher verliert bei den Thieren stets wenigstens ein Theil der Zellen ihre individuelle Selbstständigkeit, während sie dieselbe in den Pflanzen meist behalten. Ueberhaupt erreicht die Entwickelung der „Gewebe" durch Differenzirung der Zellen bei den Thieren einen weit höheren Grad, als bei den Protisten und Pflanzen. Bei allen entwickelten Thieren kann man vier Gruppen von Geweben unterscheiden: I. Epithelialgewebe, II. Bindegewebe, III. Muskelgewebe, IV. Nervengewebe. Die Organe der Thiere sind, entsprechend ihren mannichfaltigen Functionen, äusserst mannichfaltig entwickelt. Es lassen sich bei allen entwickelten Thieren in morphologischer Hinsicht zahlreiche verschiedene, und in physiologischer Hinsicht allgemein vier Gruppen von Organen unterscheiden: I. Ernährungs-Organe (Werkzeuge der Verdauung, Circulation, Respiration), II. Fortpflanzungs-Organe (Geschlechts-Werkzeuge), III. Locomotions- oder Bewegungs-Organe (Muskeln), IV. Beziehungs-Organe oder Nerven (Organe der Sinnesempfindung, der Willensbewegung und des Denkens). Die Individualitäten sechster Ordnung, welche bei den Pflanzen als Stöcke (Cormi) so allgemein und hoch entwickelt sind, treten als solche continuirlich zusammenhängende Raumeinheiten nur bei den unvollkommeneren Stämmen der Thiere auf, allermeist nur bei festsitzenden Formen des Thierreichs, da hiermit nicht die freie Bewegung der Individuen fünfter Ordnung, der Personen, verträglich ist, welche bei den Thieren ganz vorwiegend entwickelt sind. Statt dessen finden wir bei den Thieren sehr allgemein Polymorphismus freier Personen, und die Bildung von Staaten (Heerden etc.), welche sich von den realen Einheiten der Stöcke dadurch unterscheiden, dass die einzelnen Personen nur ideal zur Einheit des Ganzen verbunden sind.

Bb. Character der thierischen Grundformen.

Die Thiere zeichnen sich sowohl vor den Protisten als vor den Pflanzen hinsichtlich ihrer Grundformen dadurch aus, dass bei ihnen allgemein die Zeugiten-Form, und zwar gewöhnlich die Eudipleuren-Form, die herrschende ist, die Grundform also der halben amphithecten Pyramide (sogenannte „bilaterale Symmetrie"), welche bei den Pflanzen meist nur in den höheren Formen, bei den Protisten aber überhaupt selten vorkommt. Die physiologischen Individualitäten der Thiere, welche meist durch morphologische Individuen fünfter Ordnung oder Personen repräsentirt werden, zeichnen sich meist durch sehr verwickelte äussere Formen aus, unter denen gewöhnlich

die Eudipleuren-Form und andere Grundformen der höchsten, am meisten differenzirten Stufen sehr versteckt sind. Dagegen sind bei ihnen die niedriger stehenden Grundformen, besonders die vollkommen regulären Formen, die bei den Protisten so vorwiegen, im Ganzen selten. Die Grundform der regulären Pyramide, welche bei den Pflanzen (besonders in den Sexual-Individuen) so sehr verbreitet ist, erscheint bei den Thieren viel seltener, allgemeiner nur bei den sogenannten „Strahlthieren", den beiden Stämmen der Echinodermen und Coelenteraten. Die letzteren sind zum grösseren Theil festsitzende Thiere. Bei den frei beweglichen Thieren musste die Eudipleuren-Form schon wegen des offenbaren Vortheils, den sie für die freie Ortsbewegung bietet, im Kampfe um das Dasein den Vortheil über die unpractischere „regulär-radiäre" Form, die Grundform der regulären Pyramide, gewinnen.

VI. C. Physiologischer Character des Thierreiches.

Ca. Character der allgemeinen Lebenserscheinungen bei den Thieren.

Die Ernährung der Thiere zeichnet sich vor derjenigen aller Pflanzen und der meisten Protisten dadurch aus, dass die allermeisten Thiere feste Nahrungsstoffe in besondere Höhlungen ihres Inneren (Darm) aufnehmen, in welchen dieselben verflüssigt (verdaut) und dann durch die Wandungen dieser Höhlen hindurch (mittelst Endosmose) aufgesaugt werden. Doch fehlen solche Höhlungen manchen schmarotzenden Thieren (Cestoden, Acanthocephalen), welche gleich parasitischen Pflanzen bereits zubereitete flüssige Nährstoffe durch ihre Oberfläche (Haut) imbibiren. Die Thiere nehmen allgemein Sauerstoff aus der Atmosphäre auf und ausserdem neben gewissen einfacheren Verbindungen (Wasser, Kochsalz und andere kohlenstofffreie Salze) auch noch sämmtlich als eigentliche Nahrungsstoffe verwickeltere Kohlenstoff-Verbindungen (Albuminate, Fette etc.), welche sie theils unmittelbar aus den Pflanzen, theils aus den pflanzenfressenden Thieren beziehen. Indem sie diese oxydiren, bilden sie Kohlensäure und andere einfache Verbindungen. Daher athmen die Thiere sämmtlich Sauerstoff ein, Kohlensäure aus. Bei den allermeisten Thieren wird der durch die Verdauung gewonnene Ernährungssaft (Chylus, Blut) durch besondere Systeme von communicirenden Röhren (Chylusgefässen, Blutgefässen) den verschiedenen Körpertheilen zugeleitet, und dessen Fortbewegung in denselben entweder durch contractile Wimpern oder durch besondere contractile, rhythmisch pulsirende Behälter (Herzen) geregelt und beschleunigt. Die Fortpflanzung geschieht bei den Thieren allgemein auf geschlechtlichem Wege, und ausserdem bei den meisten niederen Thieren zugleich auf ungeschlechtlichem Wege (durch Thei-

lung, Knospenbildung). Hier wechseln dann diese beiden Formen der Fortpflanzung meist in der Weise mit einander ab, dass ein regelmässiger Generationswechsel besteht. Dieser fehlt den allermeisten höher entwickelten Thieren. Die beiderlei Geschlechter sind bei der grossen Mehrzahl der Thiere getrennt, nur bei vielen niederen Formen in einem Individuum fünfter, selten sechster Ordnung vereinigt.

Bei allen Thieren finden wir diese allgemeinen Lebensthätigkeiten der Ernährung, des Wachsthums und der Fortpflanzung unzertrennlich verbunden mit gewissen molekularen Bewegungserscheinungen und Massebewegungen (mechanischen Leistungen), welche auch allen Pflanzen und Protisten unentbehrlich sind. Auch hier sind es in erster Linie gegenseitige Lageveränderungen der Moleküle des Plasma, welche sich als „Contractionen", als Wachsthum und als Fortpflanzung (Theilung und Knospenbildung) der Plastiden äussern. Auch hier beruhen diese allgemeinen „organischen" Functionen (die man oft unpassend „vegetative" nennt) im Grunde darauf, dass (vielleicht immer unter Wärme-Entwickelung) Spannkräfte in lebendige Kräfte übergeführt werden.

Cb. Character der besonderen thierischen Lebenserscheinungen.

Ausser den oben genannten lebendigen Kräften entwickeln alle Thiere eine Summe von eigenthümlichen Bewegungserscheinungen, welche den Pflanzen grösstentheils abgehen und welche man desshalb wohl als „animale" Functionen im engeren Sinne bezeichnen kann. Diese thierischen Bewegungen beruhen wesentlich auf dem characteristischen Oxydations-Chemismus der Thiere. Indem die Hauptsumme der chemischen Processe in dem Thiere besonders darauf hinausläuft, die verwickelten und lockeren Kohlenstoff-Verbindungen durch Oxydation in die einfachen und festen Verbindungen des Wassers, der Kohlensäure, des Ammoniaks überzuführen, entwickeln sie eine grosse Menge lebendiger Kraft, welche als potentielle oder Spannkraft in jenen complicirten Verbindungen gebunden war. Die Thiere setzen vorzüglich Spannkräfte in lebendige Kräfte um. Die Bewegungen der befreiten lebendigen Kraft äussern sich theils als Wärme („thierische Wärme"), theils als Licht (Leuchten der Seethiere), vorzüglich aber als die eigenthümliche Bewegung gewisser, ausschliesslich thierischer Organe, der Muskeln und Nerven. Die Muskelbewegungen äussern sich in der Verrichtung gröberer mechanischer Arbeit durch besonders differenzirte contractile Zellen oder Zellenstöcke, welche durch ihre Contractionen Ortsbewegungen einzelner Theile des Körpers gegen einander oder gegen die Aussenwelt bewirken. Die Nervenbewegungen, welche das Thier vor Allen characterisiren, sind, vom mechanischen Gesichtspunkt aus betrachtet, wesentlich

„Auslösungen“, d. h. Bewegungen, welche eine gewisse Menge von Spannkraft in lebendige Kraft verwandeln. Das Nervensystem stellt einen zusammenhängenden Regulationsapparat dar, der alle Theile des Körpers unter einander in Verbindung setzt. Es besteht aus einem Centralapparat (Nervencentrum, Ganglienknoten), in welchem die verschiedensten Theile des Nervensystems in mittelbare oder unmittelbare Wechselwirkung treten und in welchem ausserdem selbstständige Regulations-Centra existiren; und aus einem Leitungsapparat (peripherisches Nervensystem, Nervenfasern), welcher theils centrifugal, theils centripetal den nervösen Centralapparat mit den übrigen Körpertheilen in Wechselwirkung setzt. Die centripetalen Leitungsfasern (sensible Nerven) sind Auslösungsketten, welche an verschiedenen Theilen des peripherischen Körpers (insbesondere in den Sinnesorganen) Eindrücke aufnehmen, und diese durch äussere Einflüsse (Licht, Schall, Wärme, Druck etc.) bewirkten Auslösungen auf das Centrum übertragen, wo sie entweder Vorstellungen (Empfindungen) erregen oder unmittelbar auf eine centrifugale Auslösungskette übertragen werden (Reflexbewegungen). Die centrifugalen Leitungsfasern (motorische Nerven) sind dagegen Auslösungsketten, welche entweder unmittelbar (bei den eben erwähnten Reflexbewegungen) Auslösungsbewegungen, die sie von centripetalen Nerven erhalten haben, oder aber Auslösungen (Willens-Vorstellungen), die vom Nervencentrum bewirkt sind, auf die Muskeln übertragen und also mechanische Arbeit auslösen. Diejenigen Auslösungen des Nervensystems, welche vom Centrum aus als Willens-Vorstellungen auf die Muskeln übertragen, und diejenigen, welche von den Sinnes-Organen aus als Empfindungs-Vorstellungen auf das Centrum übertragen werden, sind die für das Thier am meisten characteristischen Bewegungs-Vorgänge. Doch sind dies Functionen, welche nur den höher entwickelten Thieren zukommen und vielen niedrigsten Thieren (ohne selbstständig entwickelte Nervencentra) fehlen. Bei diesen sind dann sämmtliche Nervenbewegungen nur Reflexbewegungen, indem jede centrifugale Auslösung erst durch eine centripetale hervorgerufen werden muss. Diese schliessen sich zunächst an die Protisten und an die höchsten Pflanzen an, bei denen ebenfalls (Mimosa, Dionaea, Centaurea) solche Reflexbewegungen vorkommen. Die eigenthümlichen, im Centralapparate ausgelösten Bewegungserscheinungen, welche vorzüglich die beiden Vorstellungen des Empfindens und Wollens bewirken, pflegt man unter dem Namen des Seelenlebens zusammenzufassen. Bei den höher entwickelten Thieren (aber nicht bei den niederen Thieren) differenzirt sich aus der Wechselwirkung dieser beiden Functionen noch eine dritte, die höchste und vollkommenste aller thierischen Functionen, das Denken. Die äusserst dunkeln und unvollkommen bekannten Molekular-

Bewegungen, welche den Denkprocess bewirken, erwarten, ebenso wie die Wechselwirkung der Seelenthätigkeiten, ihre Erklärung von der Physiologie der Zukunft. Nur soviel steht fest, dass alle diese höchst complicirten Bewegungserscheinungen (Bildung der Begriffe, Urtheile, Schlüsse, Inductionen, Deductionen etc.) unmittelbare Wirkungen (Auslösungen) der Eiweiss-Moleküle in den Nervencentren sind, und dass diese höchsten Leistungen des Organismus also auch mit der Existenz der Molekularbewegungen in jenen höchst verwickelt zusammengesetzten und lockeren Kohlenstoff-Verbindungen stehen und fallen. Keine einzige dieser Bewegungen ist frei (d. h. ohne Ursache) wie gewöhnlich von dem „freien Willen", dem „freien Denken" dichterisch behauptet wird, sondern alle erfolgen mit absoluter Nothwendigkeit aus den complicirten Summen vorhergehender Bewegungen, welche jene Auslösungen (Vorstellungen) in den Nervencentren bewirken. Alle diese höchsten und am meisten characteristischen Leistungen der thierischen Organismen beruhen darauf, dass dieselben beständig Massen von gebundenen oder Spannkräften (durch Oxydation der complicirten Kohlenstoff-Verbindungen) in lebendige Kräfte überführen.

VII. Character des Protistenreiches.

Acht Stämme des Protistenreiches: 1. Spongiae (Porifera). 2. Noctilucae (Myxocystoda). 3. Rhizopoda (Radiolaria, Actinosphaerida et Acyttaria). 4. Protoplasta (Arcellida, Amoebida et Gregarinae). 5. Moneres (Protamoebae, Protogenida et Vibriones). 6. Flagellata. 7. Diatomea. 8. Myxomycetes (Mycetozoa).

VII. A. Chemischer Character des Protistenreiches.

Aa. Character der chemischen Substrate der Protisten.

Die wichtigsten Substanzen des Protistenkörpers (vor Allen das Plasma oder Protoplasma der Plastiden) sind Eiweiss-Verbindungen (Albuminate), durch deren Thätigkeit die meisten anderen Verbindungen des Protistenleibes mittelbar oder unmittelbar erzeugt werden. Die Eiweisskörper der Protisten treten in zahlreichen Modificationen auf, welche uns sämmtlich noch fast ganz unbekannt sind. Aus den Eiweiss-Verbindungen der Protistenkörper gehen bei Vielen stickstoffhaltige Eiweiss-Derivate hervor, welche den von den Thieren erzeugten elastischen, leimgebenden und Hornsubstanzen sehr nahe zu stehen scheinen und gleich diesen oft als Ausscheidungsmassen zwischen den Plastiden eine grosse Rolle spielen, so das Fasergewebe (Fibroin) der Spongien, die Kapseln vieler encystirter und Zellhäute vieler einzelliger und mehrzelliger Protisten. Das Verhalten der meisten dieser

Producte in den Protisten ist noch sehr unbekannt, ebenso das Verhalten der stickstoffhaltigen und stickstofffreien Säuren, ebenso das Verhalten der stickstoffhaltigen Basen. Der wichtigste Pflanzenfarbstoff, das Chlorophyll, kommt auch in einzelnen Protisten verschiedener Abtheilungen vor (Spongillen, Euglenen und andere Flagellaten etc.). Fette scheinen in den meisten Protisten ebenso wie in allen Pflanzen und Thieren vorzukommen. Die stickstofffreien Verbindungen aus der Gruppe der Kohlenhydrate, welche die Pflanzen so auffallend von den Thieren unterscheiden, kommen auch bei manchen Protisten vor; Cellulose wird von vielen Protisten aus den Stämmen der Myxomyceten und Flagellaten ausgeschieden. Anorganische, d. h. nicht kohlenstoffhaltige Verbindungen, insbesondere Chlornatrium etc., kommen in den Protisten eben so allgemein als in den Thieren und Pflanzen vor. Viele Protisten zeichnen sich aber aus durch die ungewöhnliche Menge theils von Kieselsäure, theils von kohlensaurem Kalk, welche sie in Form von festen Skeletbildungen ausscheiden, und wodurch sie sich mehr an die Thiere, als an die Pflanzen anschliessen. Insbesondere sind in dieser Beziehung ausgezeichnet die Kieselschalen der Diatomeen, vieler Flagellaten *(Peridinium)*, die formell höchst entwickelten, theils aus Kieselsäure, theils aus kohlensaurem Kalk gebildeten Stacheln (Spicula) und Gehäuse der Spongien und Rhizopoden, vieler Protoplasten etc.

Ab. Character der chemischen Processe der Protisten.

Der wesentliche Character der chemischen Processe, welche im Protistenkörper vor sich gehen, ist uns noch fast ganz unbekannt. Die einen Protisten scheinen, gleich den Thieren, vorzugsweise Oxydations-Organismen zu sein und vorwiegend Sauerstoff aufzunehmen, Kohlensäure abzugeben (Spongien, Noctiluken, Rhizopoden, ein Theil der Protoplasten). Die anderen Protisten scheinen, gleich den Pflanzen, vorzugsweise Reductions-Organismen zu sein und vorwiegend Kohlensäure aufzunehmen, Sauerstoff abzugeben (ein Theil der Protoplasten, die Moneren, Flagellaten, Diatomeen). Doch sind uns im Ganzen diese wichtigen Verhältnisse noch äusserst wenig bekannt.

VII. B. Morphologischer Character des Protistenreiches.

Ba. Character der protistischen Individualitäten.

Der wesentliche tectologische Character der Protisten liegt in der sehr unvollkommenen Ausbildung und Differenzirung der Individualität überhaupt, insbesondere aber derjenigen zweiter Ordnung, der Organe. Sehr viele Protisten erheben sich niemals über den morphologischen Werth von Individuen erster Ordnung oder Plastiden.

Diese Plastiden, theils einzeln lebend, theils gesellig verbunden, bleiben sehr häufig zeitlebens membranlos (Spongien, Rhizopoden, Protoplasten, Vibrioniden); bei anderen umgeben sie sich zeitweilig oder bleibend mit einer Membran von Kieselerde (Diatomeen, einige Flagellaten), oder von Cellulose (Myxomyceten, einige Flagellaten), oder von einer stickstoffhaltigen Substanz (einige Protoplasten und Flagellaten). Die Plastiden sind sehr häufig kernlos (Cytoden), andere Male kernhaltig (Zellen). Sehr oft kommen Cytoden und Zellen in einem und demselben Protisten combinirt vor. Sehr häufig vereinigen sich die Plastiden der Protisten zu sehr lockeren Verbänden, die leicht wieder in die einzelnen Individuen auseinander fallen. Gewöhnlich erheben sich diese Verbände nicht über den Werth von Zellstöcken oder einfachsten Individuen zweiter Ordnung. Bisweilen gleichen dieselben äusserlich den echten Stöcken oder Individuen sechster Ordnung. Sehr selten sind bei den Protisten die Individuen höherer Ordnung ausgebildet. Von besonderen Organen ist bei den Meisten keine Rede, da alle Functionen noch gleichzeitig von den nicht differenzirten Plastiden besorgt werden. Nur bei den Spongien, Radiolarien und Myxomyceten beginnen sich deutliche Organe zu differenziren. Indessen kann man als allgemeinen Character der Protisten den Mangel höherer Differenzirung überhaupt, besonders aber den Mangel differenter Organe, sowie das Stehenbleiben auf der niedrigsten Stufe individueller Ausbildung bezeichnen, welche bei den Thieren und Pflanzen meistens schnell vorübergeht. Daher finden wir das grosse Gesetz des Polymorphismus oder der Arbeitstheilung, welches bei den höheren Thieren und Pflanzen so vollkommene Organismen hervorbringt, und bei den Individuen aller Ordnungen die Differenzirung bestimmt, bei den Protisten nur in ganz untergeordnetem Grade wirksam.

Bb. Character der protistischen Grundformen.

Die Protisten zeichnen sich grösstentheils vor den Thieren und Pflanzen dadurch aus, dass ihre Grundformen, ebenso wie ihre Individualitäten, obwohl sehr mannichfaltig gebildet, dennoch meistens auf den niedersten Stufen stehen bleiben, und sich sehr selten zu den höheren Stufen erheben, welche bei jenen die herrschenden sind. Insbesondere finden sich unter den Protisten sehr häufig vollkommen formlose Gestalten mit durchaus unbestimmten und oft beständig wechselnden Umrissen, ohne feste geometrische Grundform. Daher ist auch ein Theil derselben als Amorphozoa bezeichnet worden (viele Protoplasten, Spongien, Myxomyceten). Auch in dieser, wie in vielen anderen Beziehungen gleichen viele derselben bleibend den ersten Embryonal-Zuständen von Thieren und Pflanzen. Nächst den vollkommen amorphen Gestalten sind am häufigsten die vollkommen

regelmässigen: kugelige, ellipsoide, sphaeroide, cylindrische, regulär polyedrische, prismatische etc. Insbesondere kommt hier die reine Kugelform, der reine Cylinder sehr häufig vor. Die meisten Protisten, welche ein äusseres oder inneres starres Skelet besitzen (Diatomeen, Rhizopoden, viele Flagellaten und andere Protisten) lassen in dessen Bildung meist äusserst deutlich, und nicht selten mathematisch rein ausgeprägt, eine vollkommen regelmässige stereometrische Grundform erkennen, so zwar, dass in vielen Fällen die Gestalt krystallähnlich wird, und dass ebenso, wie bei den Krystallen, eine vollkommen exacte geometrische Ausmessung und Berechnung der organischen Gestalt möglich wird. In dieser Beziehung sind namentlich viele Radiolarien, ferner manche Protoplasten und Diatomeen sehr ausgezeichnet. Die Radiolarien allein schon zeigen eine grössere Anzahl von stereometrischen Grundformen realisirt, als sonst im ganzen Thier- und Pflanzen-Reiche zusammengenommen vorkömmt. Mehr, als irgend sonst wo, kann man hier an eine krystallographische Untersuchung der Organismus-Formen denken.

VII. C. Physiologischer Character des Protistenreiches.

Ca. Character der allgemeinen Lebenserscheinungen bei den Protisten.

Die Ernährung der Protisten ist uns zum grossen Theile noch ganz oder fast ganz unbekannt. Von sehr vielen derselben kennen wir weder die Natur ihrer Nahrungsstoffe, noch den Process der Nahrungsaufnahme, noch die Vorgänge des Stoffwechsels. Viele Protisten scheinen sich in diesen Beziehungen mehr den Pflanzen anzuschliessen (Diatomeen, Flagellaten, Vibrioniden, Myxomyceten, ein Theil der Protoplasten), andere dagegen mehr den Thieren (ein anderer Theil der Protoplasten, Rhizopoden, Noctiluken, Spongien). Besondere Ernährungscanäle, welche den Ernährungssaft aufsammeln und verschiedenen Körpertheilen zuleiten, finden sich blos bei den Spongien. Contractile, zum Theil rhythmisch pulsirende Hohlräume (Blasen, Vacuolen) welche den Ernährungssaft abwechselnd aus dem Plasmakörper aufsaugen und in den letzteren hineinpressen, finden sich besonders bei Protoplasten, Myxomyceten und Flagellaten. Der Athmungsprocess ist bei den meisten Protisten unbekannt. Einige athmen, gleich den meisten Pflanzen, Kohlensäure ein, Sauerstoff aus; andere zeigen den umgekehrten Respirations-Modus der Thiere. Die Fortpflanzung geschieht bei sehr vielen Protisten, wahrscheinlich bei der grossen Mehrzahl, ausschliesslich auf dem einfachsten ungeschlechtlichen Wege (durch Theilung, Knospenbildung). Nur bei verhältnissmässig wenigen Protisten kommt neben der ungeschlechtlichen auch geschlechtliche Fort-

pflanzung vor, und es sind dann die beiderlei Geschlechter bald in einem Individuum vereinigt, bald getrennt (Spongien, ein Theil der Flagellaten).

Wie bei allen Thieren und Pflanzen, so sind auch bei allen Protisten diese allgemeinen „organischen“ Functionen der Ernährung, des Wachsthums und der Fortpflanzung unmittelbar verbunden mit molekularen Bewegungserscheinungen und Masse-Bewegungen (mechanischen Leistungen). Wir nehmen diese zum Theil wahr in gewissen Lageveränderungen der Moleküle des Plasma, welche sich bei den Protisten namentlich sehr oft äussern als die charakteristischen „Sarcodeströmungen“ (Rhizopoden, Noctiluken, ein Theil der Protoplasten und Myxomyceten) oder „amoeboiden Bewegungen“ (Spongien, ein Theil der Protoplasten, Flagellaten und Myxomyceten); ferner als Wachsthum und als Fortpflanzung (Theilung und Knospenbildung) der einzelnen Plastiden, welche hier gewöhnlich das physiologische Individuum repräsentiren. Auch hier, wie bei den anderen Organismen, sind diese Bewegungen, welche zugleich zur Bildung neuer Formen führen, nur dadurch möglich, dass Kräfte, welche in den verwickelten Kohlenstoff-Verbindungen des Plasma als gebundene oder Spannkräfte vorhanden sind, in lebendige Kräfte übergeführt werden.

Ch. Character der besonderen protistischen Lebenserscheinungen.

Wie uns die Grundlagen der allgemeinen Lebensthätigkeiten der Protisten, und insbesondere ihres Stoffwechsels, zur Zeit noch höchst mangelhaft bekannt sind, und wie wir von den meisten derselben nicht wissen, ob sie sich mehr den Thieren oder mehr den Pflanzen anschliessen, so gilt dasselbe auch von dem Character und den Ursachen ihrer besonderen Lebensthätigkeiten. Nur so viel scheint sich zu ergeben, dass bei den verschiedenen Protisten in dieser Beziehung sehr wesentliche Verschiedenheiten vorkommen, indem die einen sich mehr den Thieren, die anderen mehr den Pflanzen anschliessen. Im Ganzen aber scheinen die Protisten auch in dieser Beziehung zwischen den Thieren und Pflanzen mitten inne zu stehen. In sämmtlichen Organismen aller drei organischen Reiche kommen Reductionsprocesse, durch welche Wärme und andere lebendige Kräfte gebunden (zu Spannkräften) werden, und Oxydationsprocesse, durch welche gebundene Wärme und andere Spannkräfte frei und lebendig werden, neben einander vor. Bei den Thieren überwiegen die letzteren; bei den Pflanzen die ersteren; bei den Protisten scheinen sich Beide im Ganzen das Gleichgewicht zu halten. Doch dürften die meisten Protisten sich mehr durch reichliche Entwickelung lebendiger Kräfte (mechanischer Arbeit, Ortsbewegung der Plastiden) an die Thiere anschliessen, während sie sich von den Pflanzen durch geringe Neigung zur An-

häufung von Spannkräften mehr entfernen. Andererseits fehlen den Protisten allgemein diejenigen complicirteren Molekularbewegungen, welche bei den Thieren als die besonderen Leistungen der Muskeln und Nerven auftreten, und ebenso fehlen natürlich alle diejenigen höheren Functionen des Nervensystems, welche sich in dem Nervencentrum der höheren Thiere zu Vorstellungen (Empfinden, Wollen, Denken) differenziren. Dagegen sind Bewegungen, welche den Reflexbewegungen der Thiere und der höheren Pflanzen (Mimosen etc.) vollkommen entsprechen, bei den Protisten sehr allgemein verbreitet, ohne an differenzirte Muskeln und Nerven-Organe geknüpft zu sein, und treten zum Theil in sehr eigenthümlicher Form auf (Spongien, Rhizopoden, Protoplasten etc.). Die meisten dieser mechanischen Arbeitsleistungen und die anderen besonderen Bewegungen der Protisten (z. B. die sehr eigenthümlichen Bewegungen der Diatomeen, Vibrioniden, vieler Flagellaten, Protoplasten etc.) sind aber noch sehr wenig bekannt. Zwar ist von den meisten derselben anzunehmen, dass sie auf Freiwerden lebendiger Kräfte beruhen; doch könnte von einigen auch behauptet werden, dass sie umgekehrt die Wirkungen der Bindung von Spannkräften sind. In diesen, wie in vielen anderen physiologischen und morphologischen Beziehungen haben wir eine befriedigende Erkenntniss der Protisten erst von ausgedehnteren zukünftigen Untersuchungen zu erwarten.

VIII. Character des Pflanzenreiches.

Vier Stämme des Pflanzenreiches: 1. Phycophyta (Algae pro parte). 2. Characeae. 3. Nematophyta (Fungi et Lichenes). 4. Cormophyta (Phanerogamae omnes et Cryptogamae exclusis Nematophytis, Characeis et Phycophytis).

VIII. A. Chemischer Character der Pflanzenreiches.

A a. Character der chemischen Substrate der Pflanzen.

Die wichtigsten Substanzen des Pflanzenkörpers (vor Allen das Plasma oder Protoplasma der Plastiden) sind Eiweiss-Verbindungen (Albuminate), durch deren Thätigkeit die meisten anderen Verbindungen des Pflanzenleibes mittelbar oder unmittelbar erzeugt werden. Die Eiweisskörper der Pflanzen treten in zahlreichen noch sehr unbekannten Modificationen auf, von denen die wichtigsten das Pflanzeneiweiss (in sehr vielen Pflanzensäften gelöst), der Pflanzenfaserstoff (Fibrin, der in Alkohol unlösliche Theil des Getreideklebers etc.) und der Pflanzenkäsestoff (Casein der Leguminosenfrüchte, Legumin) sind. Aus den Eiweiss-Verbindungen der Pflanzenkörper gehen sehr selten, vielleicht nie, solche stickstoffhaltige Eiweiss-Derivate hervor, wie sie im Körper der Thiere und vieler Protisten als Zellhäute, Cuticular-

bildungen und Intercellularsubstanzen, als Hornsubstanz, elastische, leimgebende, Chitin-Substanzen etc. eine sehr grosse Rolle spielen. Ebenso fehlen den Pflanzen die stickstoffhaltigen Säuren (Harnsäure, Hippursäure, Inosinsäure etc.), während die stickstofffreien Säuren eine sehr viel grössere Verbreitung und Bedeutung als bei den Thieren haben. Die stickstoffhaltigen Basen der Pflanzen (Pflanzen-alkaloide: Strychnin, Morphin, Nicotin etc.) sind stark alkalisch und von äusserst mannichfaltiger Zusammensetzung, umgekehrt wie bei den Thieren. Der wichtigste Pflanzenfarbstoff ist das Chlorophyll, welches jedoch bloss den Cormophyten fast allgemein zukommt, den meisten Nematophyten und Phycophyten dagegen fehlt. Fette kommen in allen Pflanzen vor. Eine der wichtigsten chemischen Eigenthümlichkeiten aller Pflanzen ist aber die massenhafte und allgemein verbreitete Bildung von stickstofffreien Producten aus der Gruppe der sogenannten Kohlenhydrate, welche theils (Cellulose) von den Plastiden nach aussen abgeschieden werden (wie die Membranen und Intercellularsubstanzen, welche aus Cellulose und ihren Modificationen bestehen), theils als Ablagerungen im Innern der Plastiden abgesetzt werden (Stärke, Dextrin, Gummi, Zucker etc.). Anorganische, d. h. nicht kohlenstoffhaltige Verbindungen, insbesondere phosphorsaure Salze und Chlorverbindungen der Alkalien und alkalischen Erden, kommen allgemein in den Pflanzen vor, aber in viel wechselnderen Mengenverhältnissen, und viel häufiger sich gegenseitig substituirend, als in den Thieren. Kieselsäure und Kalksalze treten in den Pflanzen nur in geringer Menge und niemals so, wie in den Thieren und Protisten, als selbstständige geformte Massen, skeletbildend auf. Der Mangel dieser mineralischen Skelete wird den Pflanzen durch ihr Cellulose-Skelet ersetzt.

Ab. Character der chemischen Processe der Pflanzen.

Der wesentliche Character der chemischen Processe, welche im Pflanzenkörper vor sich gehen, beruht auf Reduction und Synthese einfacher Verbindungen, und lässt sich in den wenigen Worten zusammenfassen: Die Pflanze ist ein Reductions-Organismus. Das Pflanzenleben im Grossen und Ganzen ist ein Reductions-Process. Die Pflanzen bilden aus den einfacheren „anorganischen" Verbindungen, besonders Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, durch Synthese und Reduction die sehr zusammengesetzten „organischen" oder Kohlenstoff-Verbindungen (Albuminate, Fette etc.), welche nachher dem Thier als Nahrung dienen. Doch kommen daneben allgemein in untergeordnetem Maasse (und auch vielfach im Einzelnen) analytische und Oxydations-Processe vor.

VIII. B. Morphologischer Character des Pflanzenreichs.

Ba. Character der pflanzlichen Individualitäten.

Der wesentliche tectologische Character der Pflanzen liegt in der vorwiegenden Ausbildung und Differenzirung der Individuen erster Ordnung, der Plastiden. Dieselben sind meistens von viel beträchtlicherer Grösse, als bei den Protisten und Thieren. Gewöhnlich sind sie kernhaltig, also Zellen; sehr häufig jedoch auch kernlos, also Cytoden, und bei den Nematophyten und vielen Phycophyten ist der Körper entweder allein oder doch vorwiegend aus Cytoden zusammengesetzt. Die Plastiden der Pflanzen, sowohl die Cytoden als die Zellen, scheiden allermeist schon in sehr früher Zeit eine Membran aus und kapseln sich dadurch ab; selten bleiben sie längere Zeit hindurch nackt (Schwärmsporen); gewöhnlich ist die schichtweise Absetzung der umhüllenden Membranen sehr mächtig; es bleiben aber, da dieselben meist innerhalb der primär abgeschiedenen Membran als innere Verdickungsschichten sich ablagern, die einzelnen Plastiden dabei isolirt und es verschmelzen weder die Individuen selbst zu Plastidenstöcken (ausgenommen die „Gefässe" der Gefässpflanzen: Milchsaftgefässe, Spiralgefässe), noch die Membranen zu gemeinsamen Intercellularmassen (wie bei den Bindegeweben der Thiere so häufig geschieht). Die Bildung von Zellstöcken (Milchsaftgefässen, Spiralgefässen) ist weit beschränkter, als bei den Thieren. Diese „Gefässe" sind neben dem einfachen „Parenchym" die einzige besondere „Gewebsform" der Pflanzen. Die Individuen zweiter Ordnung, die Organe, sind bei den Pflanzen allgemein weit weniger differenzirt, als bei den Thieren; bei den Phycophyten und Nematophyten sind dieselben sehr wenig entwickelt; bei den Cormophyten sind sie zwar besser entwickelt, lassen sich aber vom morphologischen Gesichtspunkte aus sämmtlich als Modificationen von blos zwei Grundorganen nachweisen, Axorgan und Blattorgan. Vom physiologischen Gesichtspunkte aus betrachtet sind die Organe der Pflanzen ebenfalls weit weniger differenzirt als die der Thiere, meistens entweder Ern[illegible]rungs- oder Fortpflanzungs-Organe. Sehr allgemein und in höch[illegible] Ausbildung treffen wir bei den Pflanzen die Individuen sechster [illegible] letzter Ordnung an, die Stöcke (Cormen), was mit der festsitze[illegible] Lebensweise und dem Mangel willkührlicher Bewegung zusammenh[illegible] Daher fehlt den Pflanzen auch die für viele Thiere characteris[illegible] und hier die Stockbildung ersetzende Staatenbildung. Gewöhnli[illegible] mit der Stockbildung der Pflanzen ein sehr ausgedehnter Polym[illegible]mus der Personen, eine weit gehende Arbeitstheilung der Indi[illegible] fünfter Ordnung (Sprosse) verbunden.

Verbindungen bilden. Daher athmen sie vorwiegend Kohlensäure ein, Sauerstoff aus. Doch giebt es auch viele Schmarotzer-Pflanzen (Pilze etc.), deren Athmungsprocess umgekehrt (thierisch) ist, und welche, gleich den Thieren, bereits vorgebildete „organische" Substanzen (verwickelte Kohlenstoff-Verbindungen) zu ihrer Ernährung brauchen. Besondere den Ernährungssaft führende Röhrensysteme (Blutgefässe, Chylusgefässe), sowie besondere contractile Behälter (Herzen), welche dessen Bewegung in denselben regelmässig beschleunigen, fehlen den Pflanzen allgemein, während sie den meisten Thieren zukommen. Die Fortpflanzung geschieht bei den Pflanzen allgemein auf ungeschlechtlichem Wege (durch Theilung, Knospenbildung), ausserdem bei den allermeisten zugleich auf geschlechtlichem Wege. Bei der grossen Mehrzahl aller Pflanzen wechseln diese beiden Formen der Fortpflanzung in der Weise mit einander ab, dass ein regelmässiger Generationswechsel besteht. Die beiderlei Geschlechter sind bei der grossen Mehrzahl der Pflanzen in einem Individuum fünfter oder sechster Ordnung vereinigt, nur bei einer geringen Zahl getrennt.

Wenn wir die feineren Vorgänge, welche den genannten allgemeinen Lebensthätigkeiten der Pflanzen zu Grunde liegen, aufsuchen, so finden wir dieselben bei allen Pflanzen, wie bei allen Protisten und Thieren, mit einer Anzahl von molekularen Bewegungserscheinungen und einer Anzahl von Massebewegungen (mechanischen Leistungen) unmittelbar verbunden. Wir können diese Bewegungen zum Theil direkt wahrnehmen in den pflanzlichen Individuen erster Ordnung (den Plastiden) als gegenseitige Lageveränderungen der Moleküle des Plasma („Saftströmungen" oder „Plasmacontractionen"), als Wachsthum (Grössenzunahme) und als Fortpflanzung der Plastiden (Theilung, Knospenbildung der Cytoden und Zellen). Alle diese allgemeinen „organischen" Molekularbewegungen, welche schliesslich zur Gestaltung ungeformten Stoffes und zur Neubildung individueller Formen führen, und welche häufig (vielleicht immer) mit einer Entwickelung von Wärme verbunden sind, erfordern einen Verbrauch von Spannkräften. Denn alle diese Bewegungen beruhen im Grunde darauf, dass Spannkräfte in lebendige Kräfte übergehen.

Cb. Character der besonderen pflanzlichen Lebenserscheinungen.

Während bei den Thieren der bei weitem grösste und wichtigste Theil ihrer Lebensthätigkeit in einer Entwickelung lebendiger Kräfte besteht, die sich dort vorzüglich als Wärmebildung, Muskelbewegung und Nervenbewegung (Empfinden, Wollen, Denken) äussert, so bildet bei den Pflanzen jene Verwandlung der potentiellen in actuelle Kräfte nur einen sehr geringen Theil ihrer Lebenserscheinungen und der bei weitem grösste Theil ihrer Functionen erzielt gerade das entgegen-

gesetzte Resultat, nämlich die Umsetzung von lebendigen Kräften in Spannkräfte. Diese für die Pflanzen am meisten characteristischen Bewegungen, welche den Thieren grösstentheils abgehen, kann man daher auch als „vegetative Functionen" im engeren Sinne bezeichnen. Dieselben beruhen wesentlich auf dem characteristischen Reductions-Process der Pflanzen. Indem die Hauptsumme der chemischen Processe in den Pflanzen darauf hinausläuft, die einfachen und festen Verbindungen des Wassers, der Kohlensäure und des Ammoniaks durch Zersetzung (Reduction) in die verwickelten und lockeren Kohlenstoff-Verbindungen (Eiweisskörper, Kohlenhydrate, Fette) überzuführen, und indem diese Reduction nur unter Einwirkung des Sonnenlichts (durch Bindung grosser Quantitäten Licht und Wärme) möglich ist, verwandeln sie eine grosse Menge freier oder bewegender Kräfte (Licht, Wärme) in gebundene oder Spannkräfte. Diese letzteren bleiben gebunden in den verwickelten Kohlenstoff-Verbindungen, welche allenthalben in den Pflanzen angehäuft werden. Durch die Bindung von Wärme, welche für die Bildung der letzteren nothwendig ist, und welche theils dem Sonnenlichte, theils der Umgebung entzogen wird, wirken die Pflanzen abkühlend. Sie entwickeln Kälte. In der massenhaften Bildung und Anhäufung dieser verwickelten Kohlenstoff-Verbindungen und der in ihnen locker gebundenen Spannkräfte haben wir den wesentlichsten Character der besonderen pflanzlichen Lebensthätigkeit, des eigenthümlichen „Vegetationsprocesses" zu suchen. Diese Aufspeicherung der Spannkräfte in den Pflanzen ermöglicht allein die besonderen Lebensbewegungen der Thiere, welche auf einer Befreiung derselben, auf ihrer Verwandelung in lebendige Kräfte beruhen. Dadurch entwickeln die Thiere die lebendigen Kräfte, welche sie als thierische Wärme, als Muskelbewegung und Nervenbewegung äussern. Doch fehlen ähnliche Bewegungen, durch lebendige Kräfte hervorgebracht, auch in den Pflanzen nicht ganz. Vielmehr entwickeln auch diese stellenweise und zeitweise Wärme; und bei vielen höheren Pflanzen kommen sogar verwickelte Bewegungen zur Erscheinung, welche der Muskel- und Nervenbewegung sich sehr nahe anschliessen. Vor allen sind hier die ausgezeichneten Erscheinungen der „Reizbarkeit" an den Blättern der Mimosen oder „Sinnpflanzen" und der *Dionaea muscipula*, an den Staubfäden der Centaureen, Berberideen etc. hervorzuheben. Die mechanische Arbeit, welche hier gewisse Theile der Pflanze leisten, ist durchaus der Muskelcontraction analog, und wird sogar oft in gleicher Weise durch Ketten von „Auslösungen" hervorgerufen, wie es bei den Nervenbewegungen der Thiere der Fall ist. In dieser Beziehung sind namentlich die bekannten Bewegungen der „reizbaren" Mimosen äusserst merkwürdig, indem sie durchaus den Reflexbewegungen der Thiere analog sind. Dagegen ist es

zweifelhaft, ob bei irgend einer dieser Pflanzen die Reflexbewegungen sich deutlich in die getrennten Functionen des Empfindens und Wollens differenziren, welche in einem Centralorgane als Vorstellungen ausgelöst werden müssten. Wenn diese Differenzirung noch fehlt, so fehlt sie sicher auch vielen echten Thieren (vielen Würmern, Coelenteraten, besonders Anthozoen und Anderen), welche sich auf ganz ähnliche Bewegungen, wie die Mimosen etc. beschränken. Indessen treten doch diese Leistungen mechanischer Arbeit, welche den Reflexbewegungen der Thiere sich unmittelbar anzuschliessen scheinen, und wie diese mit einem Verbrauche von Spannkraft verbunden sind, nur bei wenigen (meist höheren) Pflanzen auf, und im Ganzen bleibt die besondere Lebensthätigkeit der Pflanzen darauf beschränkt, dass sie (durch Reduction und Wärme-Bindung) Massen von lebendigen Kräften in Spannkräfte überführen.

IX. Vergleichung der drei Reiche.

Eine scharfe und vollkommen unterscheidende Characteristik der Organismen-Reiche ist, wie die vorhergehenden Abschnitte zeigen, nur dann möglich, wenn man ausschliesslich die entwickelten und vollkommenen Formen berücksichtigt und von den niederen und einfachen Formen absieht. So wenig wir im Stande sind, eine vollständig scharfe und erschöpfende Diagnose eines Phylon zu geben, welche alle embryologischen und palaeontologischen Entwickelungszustände desselben umfasst, so wenig ist dies von einem der drei organischen Reiche möglich, deren jedes aus mehreren Phylen zu bestehen scheint. Nur dann können wir eine solche differentielle Diagnose aufstellen, wenn wir die am meisten ausgebildeten und characteristischen Hauptformen vorwiegend berücksichtigen und aus den typischen Characteren der Mehrzahl der Formen ein allgemeines Bild des Ganzen in grossen Zügen und skizzenhaften Umrissen entwerfen.

Wenn wir nun ausdrücklich unter dieser Voraussetzung und unter dem besonderen Hinweis darauf, dass jedes Reich nur eine künstliche Collectivgruppe von mehreren selbstständigen, aber analog entwickelten Phylen ist, eine allgemeine Characteristik der drei Reiche vorstehend versucht haben, so glauben wir, dass sich daraus die Vorzüge unserer Dreitheilung vor der bisher gültigen Zweitheilung ergeben haben werden. Die Dreitheilung hat besonders den grossen Vortheil, dass jedes der beiden nach zwei entgegengesetzten Richtungen hin entwickelten grossen Reiche sich weit schärfer, sicherer und vollständiger characterisiren lässt, als es bei der Zweitheilung möglich ist. Denn wir haben in den unzweifelhaften Pflanzen (Cormophyten, Nematophyten, Characeen, Algen) eine Summe von hervortretenden Eigenschaften verbun-

den, welche uns ein abgerundetes und deutliches Characterbild der Pflanze im Allgemeinen vor Augen führen. Andererseits finden wir ebenso in den unzweifelhaften Thieren (Vertebraten, Mollusken, Articulaten, Echinodermen, Coelenteraten) eine Summe von auszeichnenden Eigenschaften vereinigt, welche uns ein ebenso deutliches und scharfes Characterbild des Thieres im Allgemeinen aufzustellen erlauben. Um den grossen Contrast in den entgegengesetzten Grundzügen dieser beiden divergenten Characterbilder deutlich zu kennzeichnen, stellen wir sie hier nochmals vergleichend einander gegenüber:

I. Pflanzencharacter:

Die fast allgemein bleibende Selbstständigkeit der Individuen erster Ordnung oder Plastiden und die Abschliessung derselben durch eine starre Kapsel aus Kohlenhydraten (Zellmembran); die Differenzirung der Plastiden-Aggregate in höchstens zwei Gewebsformen: Parenchym und Gefässe; die Beschränkung der Individuen zweiter Ordnung (Organe) auf zwei verschiedene Reihen: I. Blattorgane und II. Axorgane; wegen mangelnder Ortsbewegung sehr allgemeine Bildung von Individuen sechster Ordnung (Stöcken), welche meistens das physiologische Individuum repräsentiren. Allgemeines Vorherrschen der niederen oder radiären Grundformen (vorzüglich der regulären Pyramiden). Die Lebensthätigkeit vorzugsweise auf Ueberführung von lebendigen Kräften in Spannkräfte, auf Bindung von Wärme, und auf Anhäufung von verwickelten Kohlenstoff-Verbindungen gerichtet, welche durch Reduction aus den einfachsten „anorganischen" Verbindungen gewonnen werden.

II. Thiercharacter:

Die allgemeine Verschmelzung eines Theiles der Individuen erster Ordnung (Plastiden) zu complexen Elementartheilen oder Zellstöcken (Muskelfasern, Nervenfasern) unter Aufgabe ihrer ursprünglichen Selbstständigkeit, der sehr allgemeine Mangel einer festen Kapsel (Zellmembran) an ihrer Oberfläche; die Differenzirung der Plastiden-Aggregate in vier verschiedene Gewebs-Formen: Epitelial-, Binde-, Muskel- und Nerven-Gewebe; die Differenzirung der Individuen zweiter Ordnung (Organe) in vier verschiedene Reihen: Organe I. der Ernährung, II. der Fortpflanzung, III. der mechanischen Arbeit oder Locomotion (Muskeln), IV. der Beziehungen, Centralisation und Regulation des Ganzen (Nerven); das physiologische Individuum meistens durch morphologische Individuen fünfter Ordnung (Personen), seltener vierter Ordnung (Metameren) repräsentirt; wegen sehr allgemeiner Ortsbewegung selten Bildung von Individuen sechster Ordnung (Stöcken), dagegen sehr allgemeine Bildung von Gemeinden und Staaten. Allgemeines Vorherrschen der höheren oder bilateralen Grundformen, (Zeugiten, und vorzüglich Eudipleuren). Die Lebensthätigkeit vorzugsweise auf Ueberführung von Spannkräften in lebendige Kräfte (Muskelbewegung, Nervenbewegung und Entwickelung von Wärme), und auf Zersetzung von verwickelten Kohlenstoff-Verbindungen gerichtet, welche durch Oxydation in die einfachsten „anorganischen" Verbindungen übergeführt werden.

Kein so scharfes und vollständiges Bild vermögen wir von den positiven Characteren der **Protisten** zu entwerfen. Es ist mehr eine Summe von negativen Eigenthümlichkeiten, welche die verschiedenen Protisten-Stämme zu einem Reiche vereinigt. Dies liegt theils an der unvollkommenen Entwickelungsstufe, welche die Protisten überhaupt erreichen, und wodurch sie den niedersten Entwickelungsstufen des Thierreichs sowohl als des Pflanzenreichs zum Theil sehr nahe stehen; theils an der wirklichen Mischung von thierischen und pflanzlichen Characteren, welche viele Protisten in so auffallender Weise in sich vereinigen, dass es ganz unmöglich ist, sie entweder dem Thierreiche oder dem Pflanzenreiche zuzugesellen, ohne dessen Differential-Character wesentlich zu beeinträchtigen. Zum grossen Theil allerdings liegt die Unmöglichkeit, jetzt schon ein vollständiges Characterbild der Protisten zu entwerfen, an unseren noch ausserordentlich mangelhaften Kenntnissen, besonders ihrer Ernährungsthätigkeit und ihres Stoffwechsels. Indessen ist es immerhin möglich, wenigstens einige gemeinsame Züge aller Protisten in ein skizzenhaftes Characterbild zusammenzufassen:

III. Protistencharacter:

Die allgemeine bleibende Selbstständigkeit der Individuen erster Ordnung (Plastiden), welche sehr häufig einzeln, oder locker zu Plastidenfamilien verbunden, allein das physiologische Individuum repräsentiren; Individuen höherer Ordnung (Organe, Personen etc.) entweder gar nicht oder nur höchst unvollkommen entwickelt; ebenso die Plastidenstöcke, wenn vorhanden, meist sehr unvollständig ausgebildet, und nicht differenzirt (keine sogenannten „Gewebe"). Allgemeines Vorherrschen der niedrigsten Grundformen, entweder gar keine bestimmte Formen oder höchst einfache und regelmässige, oft stereometrisch reine und krystallähnliche Formen (Kugel, Cylinder, reguläre Polyeder, krystallähnliche Prismen etc.) Die Lebensthätigkeit grösstentheils unbekannt; der Stoffwechsel, wie es scheint, bei einigen Protisten mehr dem der Pflanzen, bei anderen mehr dem der Thiere sich nähernd, bei noch anderen endlich zwischen Beiden die Mitte haltend.

Wenn man die verschiedenen Protisten-Stämme mit den Stämmen einerseits des Thierreichs, andererseits des Pflanzenreichs vergleicht, so stellt sich allerdings bei den einen eine nähere Beziehung zu jenem, bei den anderen zu diesem heraus, und wenn man die übliche Zweitheilung der Organismen in Thiere und Pflanzen beibehalten will, so muss man jedenfalls das Protisten-Reich in zwei Theile spalten und die eine Hälfte jenem, die andere diesem anreihen. Die Reihe der pflanzenartigen Protisten würde durch die Myxomyceten, Diatomeen und Flagellaten, die Reihe der thierartigen Protisten durch die Spongien, Noctiluken und Rhizopoden gebildet. Aber bei den Protoplasten und den Moneren würden wir vollständig in Zweifel sein

wohin wir sie stellen sollten, und auch für einen Theil der Flagellaten würde dasselbe gelten. Auch würde sich bei allen übrigen Gruppen immer wieder der alte Streit, ob sie Thiere oder Pflanzen seien, erneuern, je nachdem man diese oder jene Seite des Characters für maassgebender hält, und es würden sich immer wieder Naturforscher finden, welche alle oder die meisten Protisten zu den Thieren, und andere, welche sie zu den Pflanzen stellen. So viel lässt sich voraussehen, dass dieser Streit, auch wenn wir die Protisten viel besser kennen würden, als es jetzt der Fall ist, immer fortleben würde, weil Viele von ihnen in zu ausgesprochener Weise thierische und pflanzliche Charaktere vereinigen, und zwar in so verschiedenartiger und verwickelter Weise, dass eben jede scharfe Grenzbestimmung des Thier- und Pflanzen-Reichs verloren geht, wenn wir diese Zweitheilung beibehalten.

Die definitive Entscheidung in solchen schwierigen biologischen Fragen wird immer nur von der Entwickelungsgeschichte, und zwar in diesem Falle nur von der palaeontologischen, gegeben werden können. Leider lässt uns dieselbe aber gerade hier völlig im Stiche, und es bleibt nicht einmal die Hoffnung, dass wir durch eine zukünftige Ergänzung unserer äusserst unvollständigen palaeontologischen Kenntnisse diese empfindliche Lücke werden ausfüllen können. Niemals wird uns die Phylogenie die Entscheidung darüber bringen, ob die verschiedenen Protisten-Stämme (wie es uns das Wahrscheinlichste ist) sich aus eben so vielen oder vielleicht aus noch zahlreicheren autogonen Moneren-Arten hervorgebildet haben, oder ob sie einem gemeinsamen ursprünglichen Stamme angehören, oder ob sie theils mit den Thierstämmen, theils mit den Pflanzenstämmen sich aus gleicher Wurzel entwickelt haben. Die übliche Zweitheilung der Organismen in Thiere und Pflanzen würde nur in dem einen Falle eine vollkommen natürliche sein, wenn beide Reiche, die Protisten mit eingeschlossen, sich aus zwei verschiedenen autogonen Moneren-Arten hervorgebildet hätten, wenn also die eine Moneren-Art allen Thieren und thierähnlichen Protisten, die andere allen Pflanzen und pflanzenähnlichen Protisten den Ursprung gegeben hätte. Indessen ist gerade dieser Fall, wie schon oben bemerkt, von allen möglichen der am wenigsten wahrscheinliche. Es ist also die Beibehaltung der gewöhnlichen Zweitheilung weder real in der Descendenz begründet, noch von irgend welchem praktischen Nutzen.

Wir glauben demgemäss, dass die von uns versuchte Dreitheilung nur praktische Vortheile und keinerlei wissenschaftliche Nachtheile bietet. Es wird dadurch möglich, die beiden divergenten Reiche, Thier- und Pflanzen-Reich, scharf zu trennen und den Begriff des Thieres und der Pflanze scharf zu fixiren. Es wird zugleich, hoffen

wir, die Hervorhebung des Protistenreiches als einer besonderen, den beiden anderen Reichen coordinirten, collectiven Hauptgruppe, dazu beitragen, die Aufmerksamkeit und das Interesse der Naturforscher immer mehr auf diese äusserst interessante und bisher von den meisten sehr vernachlässigte Gruppe von Organismen hinzulenken, deren Studium für die allein richtige, d. h. die monistische Erkenntniss, für das mechanisch-causale Verständniss der lebendigen Natur so ungemein lehrreich ist.

X. Wechselwirkung der drei Reiche.

Schon aus der vorhergehenden Characteristik und Vergleichung der drei Reiche wird die innige gegenseitige Wechselwirkung, welche zwischen denselben in vielen biologischen Beziehungen herrscht, klar geworden sein. Doch ist dieselbe von so hohem Interesse und von solcher Wichtigkeit für eine mechanische Erfassung des organischen Naturganzen, dass wir die wichtigsten Punkte dieses Verhältnisses hier nochmals kurz hervorheben wollen.

Zwischen den Thieren und Pflanzen existirt, im Grossen und Ganzen betrachtet, der am meisten durchgreifende Gegensatz zunächst in der Qualität der wichtigsten und allgemeinsten organischen Function, der Ernährung, indem der mit der Ernährung verbundene Stoffwechsel in beiden Reichen geradezu entgegengesetzt ist. Durch diesen „Kreislauf der Stoffe" ist der beständige Gleichgewichtszustand bedingt, den die organische Natur im Grossen und Ganzen zeigt. Die Pflanzen als Reductions-Organismen produciren durch ihre progressive Stoffmetamorphose die zusammengesetzten Kohlenstoffverbindungen (Albuminate, Fette, Kohlenhydrate), welche die Thiere zu ihrer Ernährung brauchen; und indem die Thiere als Oxydations-Organismen durch ihre regressive Stoffmetamorphose die einfacheren „anorganischen" Verbindungen herstellen (Wasser, Kohlensäure, Ammoniak), liefern sie wiederum das Nahrungsmaterial für die Pflanzen.

Diesem Gegensatze im Stoffwechsel der beiden Reiche entspricht ein ähnlicher Gegensatz im Kraftwechsel derselben. Indem die Pflanzen durch Bindung von Licht und Wärme, die sie zu ihren Reductionsprocessen bedürfen, lebendige Kräfte in Spannkräfte überführen, liefern sie den Thieren in ihren verwickelten Kohlenstoff-Verbindungen diejenigen Mengen von Spannkräften, welche die Thiere nöthig haben, um lebendige Kräfte entwickeln zu können. Doch ist dieser Kraftwechsel nicht, wie der Stoffwechsel, ein gegenseitiger, sondern nur ein einseitiger, da die lebendigen Kräfte, welche das Thier als thierische Wärme, mechanische Arbeit (Muskelbewegung) und Auslösungsthätigkeit (Nervenbewegung) producirt, nicht in der Form frei

werden, in welcher die Pflanze sie brauchen kann. Diese entnimmt vielmehr die für ihr Leben nöthige lebendige Kraft grösstentheils aus dem Sonnenlicht.

Wie sich die Protisten hinsichtlich des Kraft- und Stoffwechsels verhalten, wissen wir von der Mehrzahl derselben nicht. Einige scheinen sich mehr den Pflanzen, andere mehr den Thieren anzuschliessen. Doch ist es wahrscheinlich, dass sich im Ganzen bei den meisten Protisten Reduction und Oxydation, progressive und regressive Metamorphose ihres Plasma-Körpers ziemlich das Gleichgewicht halten wird, da sie weder so beträchtliche Mengen von lebendiger Kraft, wie die Pflanzen, noch so beträchtliche Mengen von Spannkraft, wie die Thiere nöthig haben, um ihre Lebensfunctionen zu vollziehen. Sie halten sich wahrscheinlich auch in dieser Beziehung auf einem mehr indifferenten Standpunkte, und sind daher auch von der übrigen organischen Natur weniger abhängig, als es bei den Thieren und Pflanzen der Fall ist.

Stoffwechsel und Kraftwechsel der Organismen in früheren Perioden der Erdgeschichte werden sich wesentlich verschieden von den jetzigen Verhältnissen gestaltet haben. Denken wir an den Urzustand der Erde zurück, als sie zuerst von Organismen bevölkert wurde, so müssen schon allein die ungeheuren Kohlenstoffmassen, die jetzt im Körper der Organismen gebunden sind, und die damals vermuthlich grösstentheils als Kohlensäure, Kohlenwasserstoffe etc. Urmeer und Uratmosphäre sättigten, gänzlich verschiedene Existenzbedingungen hervorgerufen haben. Es ist daher auch wahrscheinlich, dass zuerst ausschliesslich pflanzliche und protistische Moneren durch Autogonie entstanden sind, d. h. Eiweiss-Verbindungen in individueller Form, welche vorzugsweise oder fast ausschliesslich in progressivem Stoffwechsel Reduction übten und Massen von disponiblen festen und einfachen Kohlenstoff-Verbindungen in die lockeren und verwickelten Kohlenstoff-Verbindungen des Eiweisses, Fettes, der Kohlenhydrate etc. überführten. Erst nach Verlauf langer Zeiträume, nachdem sich eine reiche Pflanzenwelt entwickelt und Massen von Kohlensäure etc. aus der Atmosphäre und dem Urmeere fortgeschafft hatte, werden in dem nunmehr respirablen Medium durch Autogonie thierische Moneren entstanden sein, d. h. Eiweiss-Verbindungen in individueller Form, welche vorzugsweise in regressivem Stoffwechsel Oxydation übten, welche die in den Pflanzen aufgespeicherten Spannkräfte sich zu Nutze machten, und in allmähliger Weiterentwickelung das Wechselverhältniss einleiteten, das gegenwärtig zwischen den organischen Reichen existirt.

Die Differenzirung, welche in dieser oder ähnlicher Weise allmählig stattgefunden hat, lässt sich jedoch auch in der Form denken,

dass alle autogonen Moneren pflanzlicher Natur und als Reductions-Organismen thätig waren, und dass aus diesen sich später, bei hinreichender Abnahme der freien Kohlensäure, Plastiden hervorbildeten, welche anfangs nur wenig, in späteren Generationen mehr und mehr, und zuletzt überwiegend als Oxydations-Organismen, als Thiere thätig waren. Wenn man eine Abstammung der ganzen Organismen-Welt von einer einzigen Moneren-Art annimmt, so muss man jedenfalls die Wurzel dieses einzigen organischen Stammbaumes, d. h. seine autogone Moneren-Form und zahllose älteste Reihen von Generationen als pflanzliche, als reducirende, ansehen, aus deren vielfach verzweigter Verwandtschaft sich erst weit später mehr neutrale Protisten und endlich die vorwiegend oxydirenden, thierischen Plastiden differenzirten, deren Nachkommenschaft das Thierreich ist.

XI. Die Seele als Character der Thiere.

Wenn man, wie es für die kurzen Definitionen des Thieres und der Pflanze in den Lehrbüchern erwünscht ist, die am meisten characteristischen und durchgreifenden Unterschiede von Thier und Pflanze mit wenigen Worten ausdrücken will, so wird es immer am natürlichsten sein, die hervorgehobenen Gegensätze des Stoffwechsels und der Ernährung, und des daran geknüpften Kraftwechsels in erster Linie zu betonen, und man kann die drei Reiche dann ungefähr durch folgende Diagnose bezeichnen: 1) Die Pflanzen bilden vorwiegend durch Reduction und Synthese aus ganz einfachen sehr zusammengesetzte Verbindungen, binden dabei Wärme und entwickeln wenig mechanische Arbeit. 2) Die Protisten sind vorwiegend indifferente Organismen, in denen sich Reduction und Oxydation das Gleichgewicht zu halten scheinen, welche bald Wärme binden, bald abgeben, und mehr mechanische Arbeit als die Pflanzen, weniger als die Thiere entwickeln. 3) Die Thiere bilden vorwiegend durch Oxydation und Analyse aus sehr zusammengesetzten ganz einfache Verbindungen, entwickeln dabei Wärme und viel mechanische Arbeit. Jedenfalls ist diese Definition weit zutreffender, als die gewöhnlich in den Lehrbüchern aufgeführte Behauptung, dass sich die Thiere vor den Pflanzen durch den Besitz einer „Seele“, d. h. durch die Functionen der „willkührlichen Bewegung“ und „Empfindung“, auszeichnen. Da auf diesen falschen Satz immer noch so grosses Gewicht gelegt wird, so wollen wir demselben noch einige Worte der Widerlegung widmen.

Unter Seele oder Seelenthätigkeit verstehen wir allgemein eine Summe von verschiedenen, hoch differenzirten Functionen des Central-

nervensystems, unter denen der Wille und die Empfindung die wichtigsten sind. Der Wille, welcher der willkührlichen Bewegung zu Grunde liegt, und die Empfindung sind Vorstellungen, welche nur in dem hoch entwickelten Centralnervensystem der höheren Thiere ausschliesslich zu Stande kommen und als complicirte Molekularbewegungen in den Ganglienzellen zu betrachten sind. Es erfordern diese sehr verwickelten Nervenbewegungen eine entsprechend complicirte Structur der Nervencentren, wie sie sich nur bei den vollkommeneren und entwickelteren Thieren vorfindet. Auch diese höchst feinen und zusammengesetzten Structur-Verhältnisse des „Seelen-Organs", sowie die von ihm ausgehende Seelen-Thätigkeit, haben sich, gleich allen höheren Organen und Functionen der vollkommeneren Thiere, erst allmählig durch Differenzirung aus einfachen Verhältnissen hervorgebildet. Bei den niederen Thieren (z. B. bei zahlreichen niederen Entwickelungsstufen der Coelenteraten, Echinodermen, Würmer, Mollusken) finden wir statt deren nur die viel einfacheren Functionen, welche man mit dem Namen der „Reflexbewegungen" belegt hat. Diese Reflex-Functionen der niederen Thiere finden sich auch bei den Protisten und den Pflanzen wieder, welche kein differenzirtes „Nervengewebe" besitzen; sie sind also nicht nothwendig an ein entwickeltes Nervensystem geknüpft, während der Wille und die Empfindung, ebenso wie das mit ihnen verbundene Bewusstsein, immer eines hoch entwickelten und complicirt gebauten Nervencentrums als unentbehrlichen Organes bedürfen. Wenn wir von den einfacheren und niederen Thierformen durch die Reihe der allmählig differenzirten Zwischenstufen zu den höchsten und vollkommensten Thieren (innerhalb eines und desselben Stammes) emporsteigen, und ebenso wenn wir von der Larve oder dem neugeborenen Thiere (z. B. beim Menschen) zu dem reifen und erwachsenen Thiere aufsteigen, so sehen wir aus den Reflex-Functionen der niederen Entwickelungszustände sich allmählig und langsam Nervenbewegungen entwickeln, die sich in die drei getrennten Haupt-Functionen des Seelenlebens: Empfindung, Wille und Gedanken differenziren.

Empfindung und Wille sind Vorstellungen, welche während der Leitung einer Nervenauslösung entstehen, und die unmittelbare Leitung der Reflexbewegungen unterbrechen, gewissermaassen in diese eingeschaltet werden. Wie wir oben (p. 214) gesehen haben, können wir uns die Reflexbewegung einfach vorstellen als eine geschlossene Kette von Auslösungen, welche von der Peripherie des Körpers (vom Sinnesorgan) ausgeht, und zu derselben (zum Bewegungsorgan, dem Muskel) zurückkehrt. Unmittelbar hat hier die Auslösung der centripetalen Nervenfaser diejenige der centrifugalen zur Folge. Die centrale Ganglienzelle oder die Gruppe von Ganglienzellen, welche die

Auslösung von der sensiblen (centripetalen) zur motorischen (centrifugalen) hinüberleiten, erfüllen diese Function, ohne dass in ihnen dadurch die eigenthümliche Molekularbewegung der „Vorstellung“ entsteht. Erst wenn diese „Vorstellung“ in den Eiweissmolekülen der Ganglienzellen erregt wird, können wir von einer „Seele“ des Thieres sprechen, und wir bezeichnen dann diejenige Vorstellung, welche bei der Erregung der Ganglienzellen durch die centripetale Faser erzeugt wird, als Empfindung, diejenige Vorstellung dagegen, welche bei der Erregung der centrifugalen Faser durch die Ganglienzelle erzeugt wird, als Wille. Die am schwierigsten zu begreifende, dunkelste und höchste Function der thierischen Seele ist die Gedankenbildung, welche in Vorstellungen besteht, die in den Ganglienzellen während der Leitung, wahrscheinlich aber immer durch eine höchst complicirte Wechselwirkung zahlreicher centrifugaler und centripetaler Erregungen, erzeugt werden. Mögen wir über diese Vorgänge noch so sehr im Dunkeln sein, so viel ist sicher, dass alle diese differenzirten Nervenbewegungen, welche man unter dem Namen des Seelenlebens zusammenfasst, sich erst allmählig bei den höheren Thieren differenzirt und aus den einfacheren Reflexbewegungen hervorgebildet haben, welche alle niederen Thiere mit den Protisten und Pflanzen theilen.

XII. Zoologie, Protistik, Botanik.

Wenn die von uns vorgeschlagene Dreitheilung der Organismen-Welt, die Aufstellung der drei coordinirten Hauptgruppen oder Reiche: Thiere, Protisten, Pflanzen, naturgemäss ist, wie wir glauben, so muss die Biologie, als die Gesammtwissenschaft von den Organismen, von diesem Gesichtspunkte der Classification aus in drei coordinirte Hauptzweige zerfallen: Zoologie, Protistik, Botanik. Jede dieser drei Wissenschaften hat ihr besonderes Object und hat zur Aufgabe die vollständige Erkenntniss dieses Objects, in allen den verschiedenen Beziehungen, welche wir bereits oben (im zweiten Capitel) erläutert haben. Es muss also jede dieser drei Wissenschaften in die verschiedenen Zweige und Aeste zerfallen, welche oben (p. 21) als die Zweige und Aeste der gesammten Biologie hingestellt worden sind. Wir heben dies hier ausdrücklich hervor, weil Begriff und Aufgabe der Zoologie von den allermeisten Zoologen, Begriff und Aufgabe der Botanik von den allermeisten Botanikern nicht in diesem Sinne aufgefasst werden, vielmehr fast immer nur einzelne grössere oder kleinere Bruchstücke ihres weiten und grossen Wissenschaftsgebiets als die „eigentliche“ Zoologie und die „eigentliche“ Botanik angesehen werden. Natürlich existirt in dieser Beziehung nicht die mindeste Ueber-

einstimmung zwischen den verschiedenen Biologen, da in der Regel ein Jeder nur den kleinen abgerissenen Fetzen der Wissenschaft als „eigentliche" Thier- oder Pflanzen-Kunde preist, in welchem er speciell bewandert ist. Da unter diesen Umständen gegenwärtig die grösste Verwirrung und die allgemeinste Unklarheit über die wahre Aufgabe und das eigentliche Ziel der Zoologie und Botanik herrscht, so halten wir es keineswegs für überflüssig, hier nochmals ausdrücklich hervorzuheben, dass Zoologie die Gesammtwissenschaft von den Thieren, Protistik oder Protistologie die Gesammtwissenschaft von den Protisten, Botanik oder Phytologie die Gesammtwissenschaft von den Pflanzen ist; und dass jede dieser drei Wissenschaften die vollständige und allseitige Erkenntniss des ihr zugetheilten Organismen-Reiches zur Aufgabe hat.

Jeder vernünftige und logisch denkende Mensch, der ausserhalb unserer Wissenschaft steht, wird die vorstehenden Sätze so selbstverständlich und natürlich finden, dass es ihm sehr überflüssig erscheinen könnte, dieselben hier doppelt und dreifach hervorzuheben. Jeder unbefangene Naturforscher aber, der mit der unendlichen Divergenz der allgemeinen biologischen Ansichten vertraut ist, und der eine grössere Anzahl von Biologen und von biologischen Schriften über die Aufgaben ihrer Wissenschaft befragt hat, wird umgekehrt die ausdrückliche Betonung jener Sätze für eine fundamentale Nothwendigkeit halten. In der That braucht man bloss ein paar Dutzend der gebräuchlichsten Lehr- und Hand-Bücher der Zoologie und Botanik in die Hand zu nehmen und zu vergleichen, um sich zu überzeugen, dass die meisten Verfasser derselben thatsächlich nicht den ganzen Umfang und vollen Inhalt, und also auch nicht das letzte Ziel und die ganze Aufgabe der Wissenschaft, der sie ihr Leben gewidmet haben, kennen. Die einen halten die Systematik, die anderen die Anatomie, einige die Morphologie, andere die Physiologie für die „eigentliche" Zoologie oder die „eigentliche" Botanik. Die allermeisten sogenannten Zoologen und Botaniker beschäftigen sich vorwiegend oder ausschliesslich mit einzelnen Theilen der Morphologie, die einen (Systematiker) mehr mit den äusseren, die anderen (Anatomen) mehr mit den inneren Formverhältnissen der Organismen; jeder von beiden behauptet aber, dass er die „eigentliche" Zoologie oder Botanik treibe.[1]) Die Physiologie wird von den Meisten als eine be-

[1]) Sehr viele sogenannte Zoologen und Botaniker sind auch jetzt noch nicht über den Standpunkt des alten Boerhaave hinaus, der die Botanik mit folgenden Worten definirte: „Botanica est scientiae naturalis pars, cujus ope felicissime et minimo negotio plantae cognoscuntur et in memoria retinentur." Das in Deutschland am meisten verbreitete „Handbuch der Zoologie" von Wiegmann stellt noch in der neuesten, von Troschel umgearbeiteten Auflage (1864) der Zoologie folgende Aufgabe: „Sie hat die äusseren Formen der Thiere (!), das Wichtigste (!) ihres inneren Baues, ihre Lebensweise und Heimath kennen zu lehren; sie hat die in der Gesammtheit ihres Wesens übereinstimmenden Thierformen in Arten, Gattungen, Familien, Ordnungen und Klassen zusammenzustellen, um so das Vielen Gemeinsame leichter hervorzuheben, und das Erken-

sondere, ganz verschiedene Wissenschaft angesehen, die mit der „eigentlichen“ Zoologie oder Botanik Nichts zu thun hat. Die Entwickelungsgeschichte der Individuen (die Ontogenie oder sogenannte Embryologie) ist zwar neuerdings etwas mehr zu Ehren und Ansehen gekommen und wird wohl von den meisten Botanikern und einigen Zoologen als ein integrirender und höchst wesentlicher Zweig der Biologie anerkannt. Die coordinirte Phylogenie dagegen, die Entwickelungsgeschichte der Stämme, einer der interessantesten und wichtigsten biologischen Wissenschaftszweige, ist den meisten Zoologen und Botanikern, ebenso wie die Palaeontologie, welche ihr das empirische Material liefert, entweder gänzlich unbekannt oder wird doch als eine fremde, weitabliegende Wissenschaft, allenfalls als eine interessante Curiosität betrachtet. Wenn in dieser Weise, und es ist dies Thatsache, die „Versteinerungen,“ die unschätzbaren Reliquien der ausgestorbenen Thiere und Pflanzen, von den meisten Zoologen und Botanikern entweder gar nicht berücksichtigt, oder doch nicht richtig verstanden und gewürdigt werden, so hat dies gerade so viel Sinn, wie wenn die vergleichenden Sprachforscher sich ausschliesslich mit den lebenden Sprachen beschäftigen, und das Studium der ausgestorbenen für ein ganz fremdartiges Curiosum erklären wollten.

Wir sind gewiss weit entfernt davon, den grossen Vortheil zu verkennen, welchen die weit vorgeschrittene Arbeitstheilung den einzelnen Fächern der Biologie gebracht hat. Ihr allein oder doch vorzüglich verdanken wir die ausserordentliche Vermehrung des (freilich meist nicht ordentlich verwertheten) empirischen Kenntniss-Materials, welche in den letzten Decennien eine ganze Reihe von selbstständigen Wissenschafts-Zweigen hervorgerufen hat. Und diese Arbeitstheilung wird und muss auch noch viel weiter gehen, wenn die Riesen-Masse der noch nicht unserer Kenntniss unterworfenen Thatsachen-Welt bewältigt werden soll. Allein wir können nicht umhin, auch auf die grossen Nachtheile aufmerksam zu machen, welche mit jeder solchen weitgehenden Arbeitstheilung verbunden sind, welche aber erst dann die Wissenschaft erheblich beschädigen, wenn man sich, wie es jetzt meist geschieht, ihrer Erkenntniss verschliesst. Hierher gehört vor Allen die blinde Einseitigkeit, mit der sich die meisten Biologen auf ein ganz kleines und beschränktes Wissenschaftsgebiet zurückziehen, ohne sich weiter um das Ganze der Wissenschaft zu bekümmern. Dadurch geht aber nicht nur der erhebende Blick für das wundervolle Ganze der Natur, sondern auch die Fähigkeit für die richtige Erkenntniss des Einzelnen verloren. Es reisst dadurch ferner eine Einseitigkeit in der Untersuchungsmethode und Darstellungsweise jedes einzelnen kleinen Gebietes ein, welche ein gegenseitiges Verständniss erheblich erschwert und Verwirrung in die Literatur bringt. Endlich aber verlieren durch diese ausschliessliche Versenkung in das kleinste Detail die Naturforscher ganz den Blick für die Erkenntniss der Naturgesetze, welche doch das höchste und letzte Ziel der Wissenschaft ist.

---

nen der einzelnen Arten zu erleichtern (!).“ Von Physiologie und Entwickelungsgeschichte, von Palaeontologie etc. ist in diesem, wie in den meisten übrigen Handbüchern Nichts oder nur einzelne beiläufige Bemerkungen zu finden.

Die allgemeine Begriffsverwirrung, welche in den meisten biologischen Disciplinen herrscht, und die merkwürdige Unklarkeit, in welcher sich die meisten Biologen über Inhalt und Umfang der Wissenschaftszweige befinden, in denen sie speciell arbeiten, ist von uns bereits im zweiten und dritten Capitel eingehend gerügt worden. Um sich von der wirklichen Begründung dieser schweren Vorwürfe zu überzeugen, ersuchen wir den Leser, ein paar Dutzend der gebräuchlichsten zoologischen und botanischen Hand- und Lehr-Bücher neben einander zu legen und ihre einleitenden ersten Capitel zu vergleichen. Man wird erstaunen über die unglaublichen Widersprüche und die ausserordentliche Divergenz der Ansichten bei den verschiedenen Autoren, welche sich nicht etwa auf untergeordnete Gegenstände beziehen, sondern auf die wichtigsten Fundamente der Wissenschaft, auf die Bestimmung des Inhalts und Umfangs der einzelnen Naturwissenschaften, welche die einzelnen Zoologen und Botaniker als die Bestandtheile der „eigentlichen" (neuerdings „wissenschaftlichen") Zoologie und Botanik zu bezeichnen belieben. Wenn wir schon oben gezeigt haben, dass die Begriffe der Morphologie und Physiologie, der Anatomie und Systematik, der Organologie und Histologie u. s. w. von den verschiedenen Biologen in einem ganz verschiedenen und willkührlichen Sinne gebraucht werden, so gilt dasselbe in noch höherem Maasse von den Begriffen der Zoologie und Botanik. Es ist daher keineswegs überflüssig, wenn wir hier nochmals ausdrücklich darauf hinweisen, dass jeder biologische Wissenschaftszweig, welcher eine einzelne Organismen-Gruppe behandelt, aus allen denselben Disciplinen zusammengesetzt ist, welche wir oben (p. 21) als integrirende Bestandtheile der gesammten Biologie hingestellt haben.

Wenn wir also als die drei Hauptgruppen oder Reiche der Organismen die Thiere, Protisten und Pflanzen betrachten, und wenn wir unter Zoologie, Protistik und Botanik die gesammte Wissenschaft dieser drei Gruppen verstehen, so muss jede dieser drei Wissenschaften, gleich der gesammten Biologie, zunächst in die drei coordinirten Disciplinen der Morphologie, Chemie und Physiologie zerfallen, oder, wenn wir die statische Chemie mit der ersteren, die dynamische Chemie mit der letzteren vereinigen, in die beiden Hauptfächer der Morphonomie (Morphologie im weiteren Sinne) und der Phoronomie (Physiologie im weiteren Sinne). Die Morphologie spaltet sich wiederum in die beiden Hauptzweige der Anatomie und Entwickelungsgeschichte (Morphogenie). Die Physiologie theilen wir ebenfalls in zwei Disciplinen: I. Die Physiologie der Conservation oder Selbsterhaltung (a. Ernährung, b. Fortpflanzung), II. die Physiologie der Relationen oder Beziehungen (a. Physiologie der Beziehungen der einzelnen Theile des Organismus zu einander (beim Thiere Physiologie der Nerven und Muskeln); b. Oecologie und Geographie des Organismus oder Physiologie der Beziehungen des Organismus zur Aussenwelt). Um die gegenseitigen Beziehungen dieser einzelnen Disciplinen klar zu übersehen, fügen wir als Beispiel die folgende Tabelle über die einzelnen Zweige der Zoologie bei, welche entsprechend auch für die Protistik und Botanik Geltung hat.

ZOOLOGIE ODER THIERKUNDE.

(Gesammtwissenschaft von den Thieren.)

<table>
<tr><td colspan="3">Zoostatik
oder thierische Morphonomie.</td><td colspan="2">Zoochemie
oder thierische Chemie.</td><td colspan="3">Zoodynamik
oder thierische Phoronomie.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Thierische Morphologie
oder Statische Zoologie.</td><td colspan="2">[Chemie der thierischen Substrate.
Morphologische Chemie der Thiere.]</td><td colspan="2">[Chemie der thierischen Processe.
Physiologische Chemie der Thiere.]</td><td colspan="2">Thierische Physiologie
oder Dynamische Zoologie.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Thierische Morphologie.</td><td colspan="4">Thierische Physiologie.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zootomie
oder Anatomie der Thiere
(Vergleichende Anatomie oder wissenschaftliche Zootomie.)</td><td colspan="2">Zoogenie
oder Morphogenie der Thiere
(Entwickelungsgeschichte der Thiere im weiteren Sinne.)</td><td colspan="2">Conservations-Physiologie
der Thiere
oder Physiologie der thierischen Selbsterhaltungs-Verrichtungen.</td><td colspan="2">Relations-Physiologie
der Thiere
oder Physiologie der thierischen Beziehungs-Verrichtungen.</td></tr>
<tr><td>Thierische Tectologie oder Structurlehre der Thiere.</td><td>Thierische Promorphologie oder Grundformenlehre der Thiere.</td><td>Ontogenie der Thiere. Entwickelungsgeschichte der thierischen Individuen.</td><td>Phylogenie der Thiere. Entwickelungsgeschichte der thierischen Stämme.</td><td>Physiologie der thierischen Ernährung oder des Stoffwechsels.</td><td>Physiologie der thierischen Fortpflanzung oder der Generation.</td><td>Physiologie der Beziehungen der einzelnen Theile des Thierkörpers zu einander.</td><td>Physiologie der Beziehungen des thierischen Organismus zur Aussenwelt.</td></tr>
<tr><td>(1. Histologie
3. Antimerologie
5. Prosopologie</td><td>2. Organologie
4. Metamerologie
6. Cormologie.)</td><td>(Embryologie und Metamorphologie der Thiere.)</td><td>(Palaeontologie und Genealogie der Thiere.)</td><td>(Erhaltung der thierischen Individuen.)</td><td>(Erhaltung der thierischen Stämme.)</td><td>(Physiologie der Muskeln u. Nerven etc.)</td><td>(Oecologie und Geographie der Thiere.)</td></tr>
</table>

Drittes Buch.

Erster Theil der allgemeinen Anatomie.

Generelle Tectologie

oder

Allgemeine Structurlehre der Organismen.

(Individualitätslehre der Organismen.)

„Jedes Lebendige ist kein Einzelnes, sondern eine Mehrheit; selbst insofern es uns als Individuum erscheint, bleibt es doch eine Versammlung von lebendigen, selbstständigen Wesen, die der Idee, der Anlage nach gleich sind, in der Erscheinung aber gleich oder ähnlich, ungleich oder unähnlich werden können. Diese Wesen sind theils ursprünglich schon verbunden, theils finden und vereinigen sie sich. Sie entzweien sich und suchen sich wieder, und bewirken so eine unendliche Production auf alle Weise und nach allen Seiten.

„Je unvollkommener das Geschöpf ist, desto mehr sind diese Theile einander gleich oder ähnlich, und desto mehr gleichen sie dem Ganzen. Je vollkommener das Geschöpf wird, desto unähnlicher werden die Theile einander. In jenem Falle ist das Ganze den Theilen mehr oder weniger gleich, in diesem das Ganze den Theilen unähnlich. Je ähnlicher die Theile einander sind, desto weniger sind sie einander subordinirt. Die Subordination der Theile deutet auf ein vollkommneres Geschöpf.

„Dass nun das, was der Idee nach gleich ist, in der Erfahrung entweder als gleich oder als ähnlich, ja sogar als völlig ungleich und unähnlich erscheinen kann, darin besteht eigentlich das bewegliche Leben der Natur, das wir in unseren Blättern zu entwerfen gedenken."

Goethe (Jena, 1807).

Achtes Capitel.

Begriff und Aufgabe der Tectologie.

Freuet euch des wahren Scheins,
Euch des ernsten Spieles,
Kein Lebendiges ist Eins,
Immer ist's ein Vieles.

Goethe.

I. Die Tectologie als Lehre von der organischen Individualität.

Die Tectologie oder Structurlehre der Organismen ist die gesammte Wissenschaft von der Individualität der belebten Naturkörper, welche meistens ein Aggregat von Individuen verschiedener Ordnung darstellt. Die Aufgabe der organischen Tectologie ist mithin die Erkenntniss und die Erklärung der organischen Individualität, d. h. die Erkenntniss der bestimmten Naturgesetze, nach denen sich die organische Materie individualisirt, und nach denen die meisten Organismen einen einheitlichen, aus Individuen verschiedener Ordnung zusammengesetzten Formen-Complex bilden.

Begriff und Aufgabe der Tectologie, wie wir sie hier feststellen und bereits oben (p. 30, 46, 49) im Allgemeinen erörtert haben, sind bisher von den meisten Morphologen nicht scharf ins Auge gefasst worden, da man in der Anatomie die Tectologie und Promorphologie stets vermischt zu behandeln pflegt. Wenn nun auch diese Behandlungsweise in der anatomischen Praxis sich gewiss am meisten empfiehlt, und es immer am bequemsten sein wird, bei der Anatomie jedes einzelnen Organismus die gesammte Anatomie (Tectologie und Promorphologie) der einzelnen Individuen verschiedener Ordnung nach

einander abzuhandeln (p. 45), so müssen wir dagegen hervorheben, dass es für das theoretische Verständniss des Organismus von der grössten Wichtigkeit ist, die wesentlich verschiedene Aufgabe der beiden anatomischen Hauptzweige scharf getrennt zu erfassen, und Tectologie und Promorphologie als gesonderte coordinirte Wissenschaften neben einander zu begreifen. Für die allgemeine und synthetische Betrachtung einer Organismen-Gruppe wird daher die vollständige Trennung der Tectologie und Promorphologie, wie wir sie hier durchführen, vorzuziehen sein, während für die besondere und analytische Erforschung eines einzelnen Organismus sich mehr die Verschmelzung der beiden anatomischen Hauptzweige und die Eintheilung der gesammten Anatomie in die sechs, oben (p. 45) aufgeführten Disciplinen empfehlen wird.

Der Körper der grossen Mehrzahl aller jetzt lebender Organismen stellt ein verwickeltes Gebäude dar, welches aus gleichartigen und ungleichartigen Theilen oder Organen in sehr complicirter Weise zusammengesetzt ist. Allgemein können wir diese „Partes similares et dissimilares" derart in verschiedene subordinirte Kategorieen eintheilen, dass jede höhere Kategorie eine in sich abgeschlossene und selbstständige Einheit, zugleich aber auch eine Vielheit von mehreren Einheiten der nächstniederen Kategorie darstellt. Diese Kategorieen betrachten wir als verschiedene Stufen oder Ordnungen von organischen Individuen. Wir können daher auch die Tectologie oder Structurlehre als die „Wissenschaft von der Zusammensetzung der Organismen aus organischen Individuen verschiedener Ordnung" bezeichnen, wie es oben (p. 30) geschehen ist. Hiergegen ist nur zu erinnern, dass diese verwickelte Zusammensetzung des Organismus aus subordinirten Individualitäten verschiedener Ordnung bei sehr zahlreichen niederen Organismen fehlt, nämlich bei sehr vielen Protisten, einzelligen Algen etc. und überhaupt bei allen Lebewesen, welche zeitlebens auf der niedersten Stufe oder Ordnung der Individualität stehen bleiben und blos den morphologischen Werth einer einzigen Plastide (entweder einer Cytode oder einer Zelle) behalten. Auch ist die Erwägung sehr wichtig, dass alle organischen Individuen ohne Ausnahme, mögen sie auch in ihrer vollendeten Form die höchste Stufe der Complication erreichen, und aus fünf verschiedenen Ordnungen von Individuen, wie die Wirbelthiere, oder aus sechs, wie die meisten Phanerogamen, zusammengesetzt sein, dennoch diesen verwickelten Bau erst durch die Entwickelung erreichen und in ihren ersten Anfängen stets ein einfachstes Individuum erster Ordnung, eine einzelne Plastide, repräsentiren. Da wir nun ausserdem in den homogenen und structurlosen Moneren Organismen kennen, welche überhaupt nicht aus ungleichartigen Theilen, sondern blos aus gleichartigen

veiss-Molekülen zusammengesetzt sind, so erscheint es nicht passend, Tectologie allgemein als Merologie oder Lehre von den Theilen bezeichnen, falls man unter diesen „Theilen“ nur die Individuen schiedener Ordnung verstehen will. Vielmehr würde es vom allgeinen Gesichtspunkte aus passender erscheinen, falls der Ausdruck Tectologie oder Structurlehre aus jenem Grunde zu beschränkt cheinen sollte, diesen Zweig der Anatomie als die „Wissenschaft der organischen Individualität“ oder kurz als die Biontologie[1] ndividualitäts-Lehre) zu bezeichnen.

Bevor wir die eigentliche Aufgabe der Tectologie oder Biontologie lösen und die Gesetze zu erkennen versuchen, nach denen sich organische Materie individualisirt, erscheint es uns nothwendig, Begriff des organischen Individuums im Allgemeinen zu erörtern d die sehr verschiedenen Ansichten zu erwägen, welche die verhiedenen Naturforscher sich über die Individualität der Organismen bildet haben. Erst dann können wir ausführlich unsere eigene Anicht von den morphologischen und physiologischen Individuen verchiedener Ordnung begründen, welche nach unserem Dafürhalten llgemein unterschieden werden müssen.

II. Begriff des organischen Individuums im Allgemeinen.

Das Wort „Individuum“ wird in ausserordentlich vielfacher und verschiedenartiger Bedeutung angewandt. Seinem Wortlaute nach soll dieser Begriff ein Untheilbares bezeichnen. Im strengsten Sinne untheilbar können wir uns aber nur die Massen-Atome vorstellen, aus denen wir uns nach der atomistischen Hypothese die Materie zusammengesetzt denken, und die Atome des expansiven Aethers, welche die attractiven Massen-Atome trennen. „Atom“ (ἄτομος) ist ja ursprünglich weiter Nichts, als das griechische Wort für das römische „Individuum“, für das deutsche „Untheilbar“. In diesem Sinne wurden denn auch von früheren Philosophen die Ausdrücke Atom und Individuum als gleichbedeutend angewandt.

Das Wort Atom hat späterhin diese ursprüngliche Bedeutung des Individuum allein beibehalten und wird jetzt in diesem Sinne ausschliesslich zur Bezeichnung der einfachsten und letzten discreten Grössen, der kleinsten, homogenen und untheilbaren Stofftheilchen verwandt, aus deren Aggregation die atomistische Hypothese die Masse und den zwischen den Masse-Atomen befindlichen Aether construirt. Das Wort Individuum dagegen wird zur Bezeichnung sehr verschiedener Erscheinungsformen der Materie gebraucht, welchen nur die

[1] [illegible], τό, das concrete Lebewesen, das physiologische Individuum.

Idee der Einheit als gemeinsames Band zu Grunde liegt. Wenn man von der einheitlichen Erscheinungsform der Individuen absieht, so bleibt für den Begriff des Individuums weiter Nichts übrig.

Hieraus folgt bereits, dass der Begriff des Individuums keiner weiteren Definition fähig ist, dass er keine absolute, sondern nur eine relative Bedeutung besitzt. Streng genommen ist das Individuum eigentlich gar kein Begriff, sondern nur die rein anschauliche Auffassung irgend eines gegebenen Begriffes als Einheit unter einer Vielheit von gleichen Begriffen. So hat schon Schleiden[1]) das Individuum als „die rein anschauliche Auffassung irgend eines wirklichen Gegenstandes unter einem gegebenen Artbegriff" definirt. Erst die Beziehung zu diesem Artbegriff lässt das Individuum als solches erscheinen. Dasjenige, was im gewöhnlichen Leben am häufigsten als Individuum bezeichnet wird, der einzelne Mensch, oder die Person, ist ein Individuum unter dem Artbegriff seiner Nation; die Nation ist ein Individuum unter den übrigen Nationen ihrer Rasse; die Rassen sind Individuen unter der Menschen-Art; die Menschen-Art ist ein Individuum unter den verschiedenen Säugethier-Arten u. s. w. Erst wenn der Artbegriff vollkommen definirt ist, von dessen Individuen man spricht, erhält das Individuum eine bestimmte Bedeutung. Es tritt uns dann die Individualität als eine einheitliche Erscheinung entgegen, welche nicht getheilt werden kann, ohne ihren Character, ihr eigenstes Wesen zu zerstören.

Ueber das gegenseitige Verhältniss der verschiedenartigen Individualitäten, die uns in den concreten Naturkörpern entgegentreten, über ihr coordinirtes und subordinirtes Verhältniss im Allgemeinen existiren noch keine zusammenhängenden Untersuchungen. Desto mehr hat man sich bemüht, bestimmte Erscheinungsformen der Naturkörper κατ' ἐξοχήν als „eigentliche" Individuen zu bestimmen. Unter den Anorganen liess sich eine solche absolute Individualität leicht in den Krystallen finden. Unter den Organismen hat man bei den Thieren meistens keine Schwierigkeiten gefunden, indem man als typisches Individuum die sowohl physiologisch als morphologisch vollkommen abgeschlossene und einheitliche Erscheinung auffasste, in welcher der einzelne Mensch und alle übrigen Wirbelthiere, wie die grosse Mehrzahl der höheren Thiere überhaupt, auftreten, und welche wir vorläufig als Person (Prosopon) bezeichnen wollen. Viel schwieriger erschien dagegen die Feststellung eines solchen absoluten Individuums im Pflanzenreiche, woher es sich erklärt, dass die Botaniker am meisten sich mit dieser Frage beschäftigt haben. Als diejenige Einheitsform,

[1]) Schleiden, Grundzüge der wissensch. Botan. III. Aufl. 1850. II. p. 4.

welche der thierischen Person aequivalent ist, haben die meisten Botaniker bei den höheren Pflanzen den Spross oder die Knospe anerkannt. Da jedoch neben dieser Anschauung noch eine Anzahl von anderen sehr verschiedenartigen Auffassungen der thierischen und pflanzlichen Individualität sich Geltung verschafft haben, so können wir eine allgemeine Uebersicht derselben hier nicht umgehen; und zwar wollen wir zunächst die verschiedenen Ansichten über das pflanzliche, dann diejenigen über das thierische Individuum neben einander stellen. Es wird sich durch eine vergleichende Betrachtung dieser sich widersprechenden Auffassungen schon die Ansicht vorbereiten, zu der uns die eigene eingehende Untersuchung mit Nothwendigkeit hinführt, dass wir nämlich auf die Aufstellung von absoluten organischen Individuen überhaupt verzichten müssen, und nur dadurch zum Ziele gelangen, dass wir verschiedene Ordnungen oder Kategorieen von relativen Individuen in den organischen Naturkörpern unterscheiden.

III. Verschiedene Auffassungen des pflanzlichen Individuums.

Als pflanzliche Individuen in absolutem Sinne werden von der unmittelbaren und nicht in die Zusammensetzung der Pflanzenformen eindringenden Naturanschauung der Laien diejenigen für die oberflächliche Betrachtung am meisten physiologisch und morphologisch abgeschlossenen Einheiten bezeichnet, welche die Botanik mit einem schärferen Ausdruck als Stock oder zusammengesetzte Pflanze (Cormus) bezeichnet. Der einzelne Baum, der einzelne Strauch, das einzelne Kraut mit seinem Stengel und seiner Wurzel, seinen Aesten und Zweigen, seinen Blättern und Blüthen, scheint auf den ersten Blick dasjenige zu sein, was am nächsten der individuellen Persönlichkeit der höheren Thiere als geschlossene Einheit sich gegenüberstellt. Eine nähere Betrachtung zeigt jedoch bald, dass weder physiologisch noch morphologisch diese Einheit so absolut und selbstständig ist, als sie zunächst erscheint. Benachbarte, scheinbar selbstständige Stöcke hängen unterirdisch durch ihre Wurzelausläufer zusammen, indem entweder, wie z. B. bei den Tannen eines Tannenwaldes, die Wurzelfasern vieler ursprünglich selbstständiger Stöcke in continuirliche Communication treten und zu einem Netze verwachsen; oder indem eine unterirdisch kriechende Axe nach oben viele Knospen absendet, welche über der Erde als scheinbar selbstständige Stöcke auftreten. Aber auch von den oberirdischen vollkommen isolirten Stöcken können die verschiedensten Arten der Sprosse (Aeste, Zweige, Brutknospen etc.) natürlich oder künstlich abgelöst werden und leben als selbstständige Individuen weiter, indem sie sich alsbald wieder verästeln und neue selbstständige Stöcke bilden.

Aus diesem Grunde haben die Botaniker schon seit langer Zeit und mit Recht den Cormus oder Stock als eine zusammengesetzte Pflanze, als ein Aggregat oder eine Colonie von Individuen betrachtet, und dagegen als eigentlich individuelle Pflanze den Spross oder die Knospe (Gemma), den Trieb, aus welchem jeder einzelne Zweig hervorgeht, und welcher stets nur einer einzigen Axe entspricht. Diese Auffassung ist uralt und findet sich schon bei Aristoteles und Hippokrates angedeutet. Sie ist dann später von Linné,[1]) Goethe, Erasmus Darwin (dem Grossvater des Reformators der Descendenz-Theorie) und vielen Anderen mehr oder minder bestimmt ausgesprochen und zuletzt namentlich von Alexander Braun[2]) ausführlich begründet worden. Für die Phanerogamen und die höheren Cryptogamen lässt sich die Richtigkeit dieser Behauptung gar nicht verkennen, sobald man ihre Vegetations- und Fortpflanzungs-Weise, die Art und Weise des Aufbaues ihrer Stöcke, mit den ganz übereinstimmenden Verhältnissen der Stockbildung bei den Coelenteraten, und insbesondere den Hydromedusen, vergleicht. Dass die Sprossen oder Knospen bei den letzteren und bei den ersteren ganz dieselben Verhältnisse zu einander und zum Ganzen zeigen, bedarf keines Beweises, und da bei den Coelenteraten die Individuen-Natur der Sprosse, seien dieselben nun polypoide (hydroide) oder medusoide Formen, von den deutschen Naturforschern wenigstens, allgemein anerkannt ist, selbst bei den Siphonophoren-Stöcken, wo sich einzelne Individuen durch weit gehende Arbeitstheilung sehr weit von dem ausgeprägten Character der typischen Individuen entfernen, so darf man, hierauf gestützt, den Sprossen der Phanerogamen und der höheren Cryptogamen den morphologischen Werth und Rang der thierischen Personen unbedingt zugestehen.

Schwierigkeiten entstehen für diese Auffassung erst bei den niederen Cryptogamen, Flechten, Pilzen und Algen, wo die individuelle Selbstständigkeit der Sprosse in vielen Fällen weder vom morphologischen noch vom physiologischen Standpunkte aus sich nachweisen lässt. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn der Spross, eine Seitenaxe, nur als seitlicher Ausläufer einer einzigen Zelle auftritt, deren anderer Theil der Hauptaxe als integrirender Bestandtheil angehört. Die Durchführung des Grundsatzes, dass jeder seitlichen Axe der Rang einer selbstständigen Individualität gebühre, scheint hier zu den seltsamsten Widersprüchen zu führen. Auch könnte man dann daran denken, ebenso jede kleinere seitlich von der Axe ausgehende Bildung, Blätter, Haare etc. als Individuen zu erklären, ebenso auch

[1]) Linné, Philos. botan. § 132: „Gemmae totidem herbae."

[2]) Alexander Braun, Das Individuum der Pflanze in seinem Verhältniss zur Species. Abhandl. der Berl. Akad. 1853.

die einzelnen, oft unter bestimmten Winkeln gegen einander geneigten Glieder (Stengelglieder), in welche die einfache Axe bei vielen Pflanzen abgetheilt ist u. s. w.

Diese letztere Consequenz ist denn auch von vielen Botanikern gezogen worden, und von den beiderlei Organen, aus denen sich der Spross bei den höheren Pflanzen allgemein zusammensetzt, von der Axe und dem Blatte, hat man Jedem die Individualität allein vindiciren wollen. Die Auffassung des Blattes, als des eigentlichen Pflanzen-Individuums, wurde namentlich durch die von Goethe begründete Lehre von der Pflanzen-Metamorphose begünstigt, welche die verschiedensten Pflanzen-Organe, Laubblätter, Blumenblätter, Staubgefässe, Fruchtblätter etc. als differenzirte, durch Arbeitstheilung entstandene Modificationen eines und desselben Grundorganes, des Blattes, nachweist, und wonach die ganze Pflanze lediglich eine Composition aus differenzirten Blättern, gewissermaassen ein Blätterstock ist. Nach dem consequentesten Extrem dieser Auffassung erscheinen die Axengebilde bloss als Aggregate aus den vereinigten Basaltheilen der einzelnen Blätter. So ist nach Ernst Meyer das Stengelglied blos der untere Theil des Blattes.

Ebenso wie das Blatt ist von Anderen das Stengelglied unter dem Namen Phyton (Gaudichaud) als das eigentliche Individuum der Pflanze hingestellt worden, so von Agardh, Engelmann, Steinheil und Anderen. Dann würde der Spross als ein gegliederter Stock, eine Vielheit von Individuen (Stengelgliedern) erscheinen, die wie Stockwerke übereinander gebaut sind. Das Verhältniss des zu jedem Stengelgliede gehörigen Blattes oder Blattquirls hat man dabei so aufgefasst, dass das Blatt bloss der obere Theil des Stengelgliedes sei.

Mag man nun mit den letzteren Botanikern die Sprosse (Gemmae) der Phanerogamen und der höheren Cryptogamen als Colonieen von Stengelgliedern (Phyten) oder mit den ersteren als Stöcke von Blättern ansehen, so wird man in beiden Fällen als die eigentlichen Individuen Theile der Pflanze betrachten, welche nach den vorhergehenden Auffassungen blos als Organe gelten konnten. Man hat sich in beiden Fällen vorzugsweise auf physiologische Gründe gestützt, auf die Fähigkeit einzelner Blätter oder einzelner Stengelglieder, unter bestimmten Verhältnissen die Art fortzupflanzen und neue Sprosse aus sich zu erzeugen. Allein abgesehen von anderen Widersprüchen, zu denen diese physiologische Argumentation führt, kann dieselbe schon darum nicht für ausreichend gelten, weil in vielen Fällen schon einzelne kleine Theile eines Blattes oder eines Stengelgliedes genügen, um einem oder mehreren neuen Sprossen den Ursprung zu geben. So wachsen z. B. bei *Bryophyllum* aus jedem Einschnitte des Blatt-

randes Sprossen hervor. Die absterbenden Blätter mancher Zwiebelgewächse erzeugen auf ihrer Oberfläche Brutknospen, aus denen neue Stöcke hervorwachsen. In diesen Fällen sind es kleine Zellengruppen von unbestimmter Umgrenzung (vielleicht selbst einzelne Zellen), Anaphyten, wie sie Schultz-Schultzenstein genannt hat, welche das physiologische Individuum repräsentiren, „welche, von der Pflanze getrennt, selbstständig fortleben, keimen und sich weiter entwickeln können." Will man hier aber consequent und logisch verfahren und nicht ganz willkührlich die Grenze der Individualität umschreiben, so muss man bis auf die Zellen als auf die eigentlichen und letzten morphologischen Elemente der Pflanze zurückgehen.

Dieser letzte Schritt ist denn auch von bedeutenden Botanikern geschehen und die Zelle als das eigentliche organische Individuum betrachtet worden, aus dem sich durch Aggregation der zusammengesetzte Körper aufbaue. Schon Schleiden und Schwann, die Begründer der neueren Zellenlehre, haben die Zelle in diesem Sinne aufgefasst, und nach ihnen viele Andere. Auch diese Ansicht hat ihre Berechtigung. Sowohl in physiologischer als in morphologischer Hinsicht besitzen die Zellen, und zwar in viel höherem Maasse die pflanzlichen als die thierischen Zellen, einen hohen Grad von Individualität, der ihnen eben ihren bestimmten Character verleiht, und sie als die eigentlichen Elementar-Organe oder auch Elementar-Organismen erscheinen lässt. Als solche sind sie die activen Lebenseinheiten oder Bionten, deren Summe und Product erst der ganze Organismus mit allen seinen Leistungen ist.

Allein so wichtige Gründe auch dafür sprechen mögen, die Zelle als das am meisten selbstständige und absolute Individuum hinzustellen, so begegnen wir doch auch hier unüberwindlichen Schwierigkeiten, die einer Verallgemeinerung dieser Auffassung sich entgegenstellen. Zunächst giebt es eine grosse Anzahl von niederen Organismen, auf welche sich diese Bestimmung der Individualität nicht anwenden lässt, weil sie weder, gleich den höheren, aus Zellen zusammengesetzt sind, noch auch im Ganzen einer einzigen Zelle entsprechen. Zu diesen niedersten Organismen, welche überhaupt keine bestimmte Beziehung zur organischen Zelle erkennen lassen, und die wir desshalb unten als Cytoden den Zellen gegenüber stellen werden, gehören z. B. viele Rhizopoden, gewisse (kernlose) Algen etc. Ferner kennen wir viele Beispiele, in denen auch einzelne Theile einer sogenannten Zelle sich einen hohen Grad von individueller Selbstständigkeit aneignen und neuen Zellen den Ursprung geben können. Unter den einzelligen Pflanzen aus der Algengruppe der Siphoneen giebt es Arten (Bryopsis etc.), bei denen der einzellige Körper ein fast unbegrenztes Wachsthum zeigt, einen Stock mit vielen

Aesten und Zweigen bildet und in eine Masse von unbestimmt begrenzten peripherischen Theilen sich auflöst, deren jeder wieder sofort nach seiner Trennung von der Zelle zu einem einzelligen Individuum sich zu gestalten vermag.

So ist es denn gekommen, dass einige Botaniker in ihrem analytischen Bestreben, die Pflanze als ein zusammengesetztes Aggregat von Individuen nachzuweisen, auch nicht bei der Zelle stehen geblieben sind, sondern nach weiteren Elementen gesucht haben, aus denen die Zellen erst wieder zusammengesetzt seien, und welche die eigentlichen und letzten selbstständigen Individuen der Pflanzen repräsentiren sollten. Schon Turpin sprach die Idee aus, dass diese eigentlichen „Urindividuen" der Pflanze die Kügelchen des Zellinhalts seien, durch deren Aneinanderlegung die Zelle (als Individuum zweiter Ordnung) gebildet werden solle. Ebenso fasst Kützing die Zelle nicht als Elementarform der Pflanze, sondern als eine complicirte Gestalt auf, zusammengesetzt aus einfacheren Körpern, die er als „Molekulargewebe" zusammenfasst, und welche für sich allein gewisse Pflanzen niedersten Ranges bilden sollen. Unger hält zwar die Zelle für das eigentliche Elementar-Organ der Pflanze, unterscheidet aber in ihr als kleinste „individualisirte" Körper noch Bläschen, Fasern, Körner etc. Ebenso erklärt auch Nägeli die Pflanzenzelle für einen complicirten Organismus, der aus individuellen Theilen zusammengesetzt ist, z. B. aus Stärkekörnern u. dergl mehr.[1])

Dass auch diese Auffassung ihre Begründung hat, ist nicht zu bezweifeln. Die Zelle selbst kann in der That als selbstständiger Organismus angesehen werden, und erscheint als solcher wiederum aus Organen zusammengesetzt, aus verschiedenartigen Theilen, welche zum Bestehen des Ganzen zusammenwirken. Mindestens zwei verschiedenartige Theile sind an jeder echten Zelle zu irgend einer Zeit ihres Lebens nachzuweisen, nämlich der innere Kern und das äussere, diesen umschliessende Protoplasma. Diese beiden Fundamental-Organe der Zelle sind aber selbst wieder aus Theilchen zusammengesetzt, und diese letzteren könnten wir als die wirklichen elementaren Individuen der Pflanze bezeichnen. Suchen wir diese näher zu bestimmen, so können wir sie in Nichts Anderem finden, als in den physikalischen

---

[1]) In der seltsamsten Form ist eine ähnliche Idee von dem kürzlich verstorbenen Anatomen Mayer in Bonn ausgesprochen worden, welcher in seinen „Supplementen zur Lehre vom Kreislauf" (1837, p. 49) die kleinsten Körnchen des Zellinhalts (auf Grund ihrer Molecularbewegung) für thierisch-belebte Individuen (Biosphaeren) erklärt, welche die Pflanze als ihre Wohnung aufbauen. „Den Hamadryaden gleich bewohnen diese sinnigen Monaden die geheimen Hallen der Rindenpaläste, welche wir Pflanzen nennen, und feiern hier in stiller Zucht ihre Tänze und ihre Orgien."

Molekülen, welche die Materie des Kerns und des Protoplasma zusammensetzen. Diese Moleküle selbst aber sind wieder aus den chemischen Atomen zusammengesetzt. Somit wären wir denn wieder bei unserem Ausgangspunkt angelangt, nämlich der Identität von Atom und Individuum. Freilich ist hiermit, wie schon Alexander Braun ausgeführt hat, Nichts gewonnen. Denn wir besitzen nicht die Mittel, die supponirten Moleküle und Atome durch die Beobachtung nachzuweisen. Allerdings müssen wir, wenn wir theoretisch dem Wesen des Zellenlebens auf den Grund kommen wollen, annehmen, dass die Thätigkeit der Atome und der durch ihre verschiedenartige Gruppirung gebildeten Moleküle es ist, aus welcher Form und Function der Zelle resultirt. Aber für die uns vorliegende Frage ist durch die Anerkennung der unsichtbaren Atome als Individuen Nichts erreicht. Noch weniger wird aber dadurch gewonnen, dass man die ganz verschiedenartigen festen Körper, welche als sogenannter Zelleninhalt in vielen Zellen sich finden, die Stärke-, Chlorophyll-, Fett-, Pigment-Körner etc. als Individuen betrachtet. Diese sind jedenfalls am wenigsten berechtigt, eine besondere Individualität in Anspruch zu nehmen. Auch sind sie unter sich so verschieden, dass kein anderer gemeinsamer Ausdruck für sie zu finden ist, als: „Geformte Inhaltstheile des Protoplasma." In sehr vielen Zellen fehlen sie als besondere, erkennbare Theile völlig.

Werfen wir nun auf die verschiedenen Theile der Pflanze, welche von den verschiedenen Forschern als die „eigentlichen" oder absoluten pflanzlichen Individuen proclamirt worden sind, einen vergleichenden Rückblick, so sehen wir bald, dass alle diese Theile subordinirte Stufen eines gegliederten Ganzen sind, dass sie verschiedenen Kategorieen oder Ordnungen angehören, von denen jede einzelne eine Vielheit von der darauf folgenden untergeordneten Einheit repräsentirt. Nicht weniger als fünf verschiedene Ordnungen oder über einander geordnete Kategorieen von pflanzlichen Individuen lassen sich gemäss den vorstehend angeführten verschiedenen Ansichten bei den höheren Pflanzen deutlich unterscheiden, nämlich: 1) der Stock (Cormus), 2) der Spross (Gemma), 3) das Stengelglied (Phyton), 4) das Blatt (ein Organ), 5) die Zelle. Jede dieser Individualitäten repräsentirt, für sich betrachtet, sowohl in Form als in Function eine selbstständige Einheit; jede ist aber zugleich eine Vielheit von der nächst niederen Kategorie und als solche kein Individuum mehr. Es folgt hieraus also, dass wir das Suchen nach einem absoluten Individuum aufgeben und uns damit begnügen müssen, die relative Individualität der über einander geordneten Pflanzentheile festzustellen. Diese Wahrheit ist denn auch schon lange von hervorragenden Botanikern aner-

kannt und darauf die Lehre von der relativen Individualität der Pflanze begründet worden.

Dieser Auffassung gemäss, nach welcher verschiedene Potenzen der individuellen Entwickelung, verschiedene Grade oder Kategorieen (Ordnungen) von Individuen an der Pflanze unterschieden werden müssen, nimmt Decandolle deren fünf verschiedene an, nämlich: 1) die Zelle, 2) die Knospe, 3) der Ableger (nicht von der Knospe wesentlich verschieden, sondern ebenfalls ein Spross), 4) der Stock, 5) der Embryo (Alles, was aus einem einzigen Keim, wenn auch zahlreich durch Theilung vervielfältigt, hervorgeht). Schleiden unterscheidet drei verschiedene Ordnungen von Individuen: 1) die Zelle oder das Elementarorgan, 2) die Einzelpflanze oder Knospe (Planta simplex), 3) der Stock oder die zusammengesetzte Pflanze (Planta composita). Weiter geht die Auffassung von Nägeli, welcher noch mehrere andere Individualitäts-Kategorieen des Pflanzenreichs in seine Betrachtung hineinzieht, und deren sechs unterscheidet, nämlich: 1) die Moleküle der organischen vegetabilischen Substanz, 2) die Zelle, 3) das Organ, 4) die Knospe (das Individuum im engeren Sinne), 5) die Art, 6) das Pflanzenreich.

Wir glauben, dass allein diese Theorie von der relativen Individualität im Stande ist, uns die Tectologie der Pflanzen zu erklären und uns zu einer scharfen Begriffsbestimmung des pflanzlichen Individuums zu verhelfen. Wir müssen, wie es von Decandolle, Schleiden, Naegeli und Anderen schon als nothwendig anerkannt ist, verschiedene subordinirte Kategorieen von pflanzlichen Individuen unterscheiden, von denen jede höhere als Einheit einen Complex von mehreren Einzelwesen niederer Stufe, jede niedere als Einheit einen Bestandtheil eines Einzelwesens höherer Stufe repräsentirt. Den oben bereits unterschiedenen fünf Stufen oder Ordnungen fügen wir noch eine sechste, bisher meist ganz vernachlässigte bei, das Gegenstück oder Antimer. Wir unterscheiden also an den höheren, entwickelteren Pflanzen, von den niederen zu den höheren Stufen aufsteigend, allgemein folgende sechs Ordnungen: 1) die Zelle (Cellula), 2) das Organ (Blattorgan und Axorgan), 3) das Gegenstück oder Antimer, 4) das Stengelglied oder Folgestück (Metamer), 5) den Spross (Gemma), 6) den Stock (Cormus).

IV. Verschiedene Auffassungen des protistischen Individuums.

Der wichtigste und am meisten ausgesprochene morphologische Character der Protisten, wodurch sie sich vorzüglich von den Thieren und Pflanzen unterscheiden, besteht in der höchst unvollkommenen Ausbildung ihrer Individualität und in dem vorherrschenden Stehen-

bleiben auf den niedersten Stufen derselben, welche von den Thieren und Pflanzen in ihren ersten Entwickelungs-Stadien rasch durchlaufen werden. Bei sehr zahlreichen Protisten giebt die Unvollkommenheit ihrer morphologischen Ausbildung, der Mangel einer eigentlichen organologischen Differenzirung und die trotzdem ausgebildete, wenn auch lockere Verbindung einfachster Individuen zu scheinbaren Colonieen Anlass zu vielfachen Zweifeln über den eigentlichen morphologischen Werth ihrer Individualität. Daher sind denn auch in dem letzten Decennium, welches unsere Kenntniss der Protisten so ausserordentlich erweitert hat, vielfach verschiedene Ansichten über die eigentliche Individualität bei verschiedenen Protisten-Gruppen oder Stämmen laut geworden.

Keinem Zweifel ist der Begriff der protistischen Individualität da unterworfen, wo dieselbe zeitlebens auf der niedrigsten Stufe einer einzelnen Plastide bestehen bleibt, sei dieselbe nun eine kernlose Cytode, wie bei den Moneren und vielen Rhizopoden etc., oder eine kernhaltige Zelle, wie bei den meisten Protoplasten und den einzeln lebenden (solitären) Flagellaten und Diatomeen. Hier fällt jedes Einzelwesen unter den Begriff eines physiologisch sowohl als morphologisch vollkommen abgeschlossenen Individuums. Erhebliche Zweifel und entschiedene Widersprüche über die Begrenzung der Individualität sind dagegen bei denjenigen Protisten laut geworden, deren Einzelwesen eine Vielheit von lockerer oder enger verbundenen Plastiden repräsentiren. Insbesondere sind es hier die Stämme der Rhizopoden und Spongien, bei denen die Individualität von den verschiedenen Beobachtern sehr verschieden beurtheilt worden ist.

Unter den Rhizopoden sind die Acyttarien, insbesondere die Polythalamien, am längsten Gegenstand der Untersuchung gewesen. Die älteren Beobachter sowohl, welche dieselben für Cephalopoden hielten, als die meisten Neueren, welche Dujardins richtige Auffassung ihrer Organisation theilten, namentlich auch Max Schultze, hielten die einzelnen vielkammerigen, oft denen der Cephalopoden so ähnlichen Schalen der Polythalamien für Individuen. Ehrenberg dagegen erklärte sie für Colonieen, die den Bryozoen-Stöcken ganz nahe verwandt seien; und unter den Neueren hat der treffliche Monograph der Acyttarien, Carpenter,[1]) dieselben ebenfalls für Thierstöcke erklärt. Jede einzelne Kammer der Schale mit ihrem Sarcode-Inhalt ist nach ihm ein Individuum, die ganze vielkammerige Schale aber eine Colonie. Diese letztere Auffassung ist nun allerdings dann richtig, wenn man darunter nur Plastiden-Stöcke versteht, nicht aber, wie Carpenter und Ehrenberg, Colonieen, welche den ausgebilde-

[1]) Carpenter, Introduction to the study of the Foraminifera. London 1862.

ten Thierstöcken anderer Stämme (z. B. Anthozoen) analog sind. Derartige echte Colonieen (Cormen) finden sich vor bei der höher entwickelten Rhizopoden-Klasse der Radiolarien, welche theils aus solitären, einzeln lebenden, theils aus socialen, gesellig verbundenen Individuen besteht. Wie wir in unserer Monographie der Radiolarien[1]) gezeigt haben, sind die einzelnen „Centralkapseln" oder „Nester" der letzteren (der Collozoen, Sphaerozoen und Collosphaeren) vom morphologischen Standpunkte aus mehr als Individuen einer socialen Colonie von Polyzoen, vom physiologischen Standpunkte aus dagegen mehr als Organe eines solitären Individuums, eines Polycyttariums aufzufassen (l. c. p. 122). Da nun diese einzelnen Centralkapseln (nebst zugehöriger Schale) die vollständigen morphologischen Aequivalente der vielkammerigen Polythalamien sind, da z. B. die Trematodisciden den Soritiden, die Stichocyriden den Nodosariden unter den Polythalamien vollständig entsprechen, so können die letzteren keine wirklichen Colonieen sein, wie wir schon in der dort angehängten Kritik der Carpenterschen Anschauung gezeigt haben (l. c. p. 568).

Sehr merkwürdig und instructiv für die wichtige Frage von der organischen Individualität sind die Spongien, bei denen dieselbe in sehr verschiedenem Grade entwickelt erscheint. Während die älteren Beobachter jeden zusammenhängenden, einfachen oder verästelten Schwammstock für ein Individuum hielten, waren diejenigen, welche bei den Pflanzen den Spross für das eigentliche Individuum ansahen, mehr geneigt, dieselbe Auffassung auch auf die verästelten Spongien anzuwenden und jeden Zweig, jede Seitenaxe für ein Individuum zu halten. Als man aber in neuerer Zeit die amoeboiden Urzellen kennen lernte, welche das ganze Skelet der Schwammstöcke überziehen und ihre Maschen ausfüllen, glaubte man in diesen Amoeboiden die eigentlichen Individuen finden, und demgemäss die ganzen Schwämme für Colonieen von Rhizopoden halten zu müssen. Gegenüber dieser besonders von Perty vertretenen Ansicht hielten die meisten Neueren, besonders Dujardin, und derjenige Anatom, dem wir die trefflichsten Untersuchungen über die Entwickelung der Poriferen zu verdanken haben, Lieberkühn, die Auffassung fest, dass der ganze (gleichviel ob einfache oder verästelte) Schwammstock ein einziges Individuum repräsentire.[2]) Eine vierte, und wohl die richtigste Ansicht von der unvollständig entwickelten Individualität der Schwämme, ist endlich von dem neuesten Monographen der Poriferen, Oscar Schmidt,[3]) ausgesprochen worden,

[1]) E. Haeckel, die Organisation der Radiolarien-Colonieen (Polyzoen oder Polycyttarien?) l. c. p. 116—127.

[2]) Lieberkühn in Müller's Archiv für Anatomie und Phys. 1856 p. 512.

[3]) Oscar Schmidt, Supplement zu den Spongien des adriatischen Meeres, 1864, p. 17.

welcher die gesammten Spongien in einfache (solitäre) und in zusammengesetzte (sociale) eintheilt. Die Genera *Sycon, Ute, Dunstervillia, Tethya, Caminus etc.*, kurz alle „diejenigen Schwämme, welche regelmässig nur eine Ausströmungs-Oeffnung besitzen, sind Einzel-Individuen. Die Concentrirung der Lebenserscheinungen dieser Spongien spricht sich darin aus, dass das Wassergefässsystem, diese für den Spongientypus jedenfalls fundamental wichtige Einrichtung, ein einheitliches ist." *Clathria, Halichondria, Spongilla* dagegen, welche gleich den meisten anderen Schwämmen mehrere oder viele Ausströmungs-Oeffnungen haben, sind Colonieen. „Jeder Theil des Stockes, an welchem sich ein einzelnes Osculum öffnet, vereinigt die Bedingungen und die Kennzeichen der Individualität in sich." Die einzelnen Bezirke der Individuen sind aber in keiner Weise scharf von einander abzugrenzen. Blos die Centra derselben, die Oscula, treten deutlich hervor.

Bei vielen Protisten, wie auch bei niederen Pflanzen (Algen), wird die Individualitäts-Frage noch dadurch in eigenthümlicher Weise complicirt, dass häufig sogenannte Copulation oder Conjugation stattfindet, so namentlich bei den Protoplasten (Gregarinen, Amoeben etc.), bei vielen Flagellaten, einzelnen Rhizopoden (Actinosphaeriden etc.), und bei den Myxomyceten; unter den Algen bei den Conjugaten (Desmidiaceen und Zygnemen) etc. Es verschmelzen hier zwei oder mehrere bisher selbstständige Individuen mit einander vollständig (Copulation) oder theilweise (Conjugation), so dass sie nur noch ein einziges Individuum darstellen.

Die Stockbildungen oder Gesellschaften, welche unter den meisten Protisten-Stämmen so verbreitet sind, können wir nur zum Theil für echte Stöcke oder Cormen, analog denjenigen der Thiere und Pflanzen, halten, nämlich dann, wenn die Individuen, welche sie zusammensetzen, selbst schon differenzirte Organismen sind, wie bei den Polycyttarien und bei den Spongien mit mehrfachen Osculis. Dagegen können wir den sogenannten Stöcken oder Colonieen vieler Diatomeen und Flagellaten (Volvocinen) blos den Werth von Plastidenstöcken, nicht von Cormen zugestehen, da sie blos locker verbundene und nicht differenzirte Aggregate von einfachsten Individuen niederster Ordnung (Plastiden) darstellen. Die verschiedenen Individualitätsstufen, welche wir bei den meisten Pflanzen als Organe, als Antimeren und Metameren, unterscheiden, sind bei den Protisten nur selten entwickelt und daher auch die höhere Individualität des Ganzen nur sehr unvollständig ausgebildet. Bei den allermeisten Protisten repräsentiren die Einzelwesen zeitlebens als Cytoden oder als Zellen nur Individualitäten niederster Stufe, und die lockeren Associationen, welche dieselben in vielen Fällen bilden, verdienen oft nicht den Namen von eigentlichen Personen und von echten Stöcken.

V. Verschiedene Auffassungen des thierischen Individuums.

Bei weitem weniger Schwierigkeiten, als den Botanikern, hat den Zoologen die Feststellung der Individualität verursacht. Diese gingen allgemein aus von der Betrachtung der höheren Thiere, bei welchen durch den Einschluss aller Organe in das Innere eines räumlich scharf begränzten Körpers und durch die ausgeprägte Einheit dieses selbstständigen Körpers in morphologischer und physiologischer Beziehung der individuelle Character sehr deutlich ausgesprochen ist. Daher hielt man in der Zoologie gewöhnlich eine besondere Diskussion über diesen Gegenstand für überflüssig. Erst als man in der neueren Zeit den niederen Thieren und thierähnlichen Protisten ein genaueres Studium zu widmen begann, musste sich denkenden Beobachtern bald die Thatsache aufdrängen, dass hier, je weiter wir hinabsteigen, die Selbstständigkeit und scharfe Umgränzung derjenigen Einheit, die bei den höheren Thieren als vollkommen abgeschlossene Persönlichkeit uns entgegentritt, sich immer mehr verliert. In der That sind hier, namentlich unter den Würmern und Coelenteraten, die Schwierigkeiten der Frage, was man denn eigentlich als Individuum im engeren Sinne (der menschlichen Person, dem pflanzlichen Spross entsprechend) aufzufassen habe, mindestens ebenso gross, und oft noch grösser, als es bei den Pflanzen gewöhnlich der Fall ist.

Ein weiterer Umstand, der das Verständniss der thierischen Individualität bedeutend beeinträchtigte, lag darin, dass man hier von Anfang an entweder ausschliesslich oder doch vorwiegend die physiologische Seite der Frage berücksichtigte und die morphologische ganz oder fast ganz vernachlässigte, während die Botaniker beide Seiten gemischt ins Auge gefasst hatten. Dieser Umstand erklärt sich ganz natürlich aus der mehr äusserlichen Gliederung der Pflanzenform und den weit brauchbareren Angriffspunkten, welche die morphologische Untersuchung der Pflanze gegenüber der viel schwierigeren physiologischen darbot. Auch kommt dabei wesentlich der Umstand mit in Betracht, dass die Centralisation bei dem thierischen Individuum weit grösser, als bei dem pflanzlichen ist, und dass insbesondere die durch das Nervensystem vermittelten innigen Beziehungen der einzelnen thierischen Körpertheile zu einander, welche sich bei den höheren Thieren namentlich in der einheitlichen „Seele“ aussprechen, bei den Pflanzen viel weniger oder fast gar nicht entwickelt sind.

Eine eingehende Besprechung der thierischen Individualität von physiologischem Gesichtspunkte aus findet sich in Johannes Müllers Handbuch der Physiologie des Menschen. Im ersten Bande, und zwar in dem zweiten Capitel der Prolegomena, welches „Vom Organismus und vom Leben“ handelt, wird die Bildung der Individuen als

eine besonders characteristische Eigenthümlichkeit der organischen Materie, gegenüber der anorganischen, bezeichnet. Der Organismus ist ein untheilbares Ganzes, weil er aus integrirenden ungleichartigen Theilen nach einem zweckmässigen Plane zusammengesetzt ist. Diese „praestabilirte Harmonie der Organisation“ unterscheidet die letztere wesentlich von der Krystallisation der Anorgane, welche bloss „Ausdruck der waltenden Kräfte ist.“ Im Krystalle, dem anorganischen Individuum, ist Nichts von der „Zweckmässigkeit der Gestaltung für die Thätigkeit des Ganzen“ zu finden, welche den Organismus auszeichnet. Im zweiten Bande seines Handbuchs geht Johannes Müller ausführlicher auf diese Fragen ein, im ersten Abschnitte des siebenten Buches, welches „von der gleichartigen Fortpflanzung oder ungeschlechtlichen Zeugung“ handelt. Hier wird als characteristische Eigenthümlichkeit aller organischen Wesen, der Thiere, wie der Pflanzen, die „Multiplication durch das Wachsthum“ bezeichnet. Die in jedem organischen Keime enthaltene Kraft der Entwickelung zu einem Individuum wird durch das Wachsthum desselben multiplicirt, und derselbe organische Körper, welcher anfangs ein einziges Individuum war, repräsentirt späterhin eine Vielheit von solchen. „Die entwickelte Pflanze ist ein Multiplum der primitiven Pflanze, ein System von Individuen, die sich bis auf die Blätter reduciren lassen.“ Dasselbe Verhältniss findet sich bei den Thieren wieder, bald ganz so offenbar, wie in den Pflanzen (so bei den Hydren und anderen Polypen), bald versteckter, so jedoch, dass es „sich durch eine Kette von Schlüssen an den Tag ziehen lässt.“ Die Gestaltungsfähigkeit einzelner Theile des Individuums zu neuen Individuen ist bei den verschiedenen Thieren sehr verschieden gross, am ausgedehntesten bei den niedrigsten, die den Pflanzen am nächsten stehen, und nimmt nach oben hin, bei den höheren, stufenweis ab; bei den meisten höheren ist sie bloss auf die Eier beschränkt. In dieser ganzen Exposition, welche, abgesehen von dem grösstentheils teleologisch-dualistischen Standpunkte, viele treffliche Bemerkungen enthält, wird von Johannes Müller fast bloss die physiologische und insbesondere die psychologische Individualität berücksichtigt, und als Kriterium des Individuums einerseits die Reproductionsfähigkeit des Theiles zum Ganzen, andererseits die Einheit seiner psychischen Leistungen, wie sie sich namentlich im einheitlichen Willen äussert, hingestellt.

Den sehr wichtigen Unterschied der physiologischen und morphologischen Individualität des Thieres zu erörtern, fand sich erst Gelegenheit, als man diejenigen Gruppen niederer Thiere näher kennen lernte, bei denen man im Zweifel sein kann, ob man sie als einzelne Individuen oder als Gesellschaften von solchen, gleich den Pflanzen-

stöcken, auffassen soll. Das ist der Fall insbesondere bei den Cestoden unter den Würmern, und bei den Siphonophoren unter den Coelenteraten, Thiercolonieen, welche man früherhin allgemein für einzelne Individuen hielt, während man die individuellen Bestandtheile der Colonie als Organe ansah. Für die Siphonophoren wurde insbesondere durch Leuckart in seiner Abhandlung „über den Polymorphismus der Individuen oder die Erscheinung der Arbeitstheilung in der Natur" (1851) der Beweis geführt, dass ihre schwimmenden, von einem einheitlichen Willen beseelten und mit den verschiedenartigsten Anhängen besetzten Körper keine Einzelthiere, sondern Stöcke seien; Colonieen von polymorphen Individuen, welche durch hoch entwickelte Arbeitstheilung in ihrer äusseren Form-Erscheinung weit aus einander gegangen seien. Während sich einerseits durch Vergleichung mit den einfachen polypoiden (hydroïden) und medusoiden Grundformen der Hydromedusen-Klasse leicht der Nachweis führen lässt, dass alle die verschiedenartigen Anhänge des Siphonophoren-Stockes, die Schwimmglocken, Saugröhren, Tastkolben, Fangfäden u. s. w. den ersteren homolog, ihre morphologischen Aequivalente sind, wird doch andererseits die Selbstständigkeit dieser Individuen durch ihre weit gehende Differenzirung so sehr vernichtet, dass die physiologische Einheit des Organismus nur durch den ganzen Stock repräsentirt wird und dieser als das höhere Individuum erscheint.

In dieser vortrefflichen Abhandlung Leuckarts war bereits der doppelte Hinweis darauf gegeben, erstens, dass man auch beim Thiere wie bei der Pflanze, wenn man die Individualität bestimmen wolle, Individuen verschiedener Ordnung: Stöcke, Individuen im engeren Sinne, Organe u. s. w. unterscheiden müsse, und zweitens dass man wohl zwischen morphologischer und physiologischer Individualität zu unterscheiden habe. Leider wurden diese leitenden Gesichtspunkte gänzlich vernachlässigt in derjenigen umfangreichen Abhandlung, welche die Frage von der thierischen Individualität wohl am ausführlichsten, aber auch am verkehrtesten und verworrensten behandelt hat, in Reicherts Schrift „über die monogene Fortpflanzung" (1852). Es würde uns zu viel Zeit und Raum kosten, aus dieser breiten, seltsamen Schrift hier auch nur einen oberflächlichen Auszug zu geben, da allein schon die Uebertragung der eigenthümlichen Ansichten des Verfassers aus ihrem dunkeln mysteriös-philosophischen Gewande in klares, verständliches Deutsch und eine fassliche Explication der darin versteckten Gedanken einen allzugrossen Raum fortnehmen würde. Auch sind die allgemeinen Anschauungen, aus welchen Reichert seine Deductionen ableitet, so oberflächlich und beschränkt, so unklar und verworren, dass es nicht der Mühe lohnt, sie ernstlich

zu widerlegen.[1]) Der maassgebende eigenthümliche Standpunkt des Verfassers in der Individuen-Frage ist grösstentheils ein physiologischer und lässt sich kurz dahin resumiren, dass er alle beliebigen Gewebstheile von Thieren und Pflanzen für Individuen erklärt, aus denen unter Umständen Knospen sich entwickeln können, und Alles für „Individuenstöcke" ausgiebt, was derartige Theile enthält. Aber auch jeder Körpertheil eines individuellen Organismus, der im Laufe der Entwickelung nicht durch Differenzirung einer primitiven Anlage entsteht, sondern durch Hervorwachsen über die äussere Oberfläche, wird für eine Knospe, ein Individuum erklärt, und der Körper aus dem er hervorwächst, demgemäss für einen „Individuen-Stock". Jedes derartige Hervorwachsen ist ein ungeschlechtlicher Zeugungsprocess. In welche Verwirrung und Widersprüche diese ganz willkührliche Art der Naturbetrachtung führt, mögen einige wenige Beispiele zeigen. Da bei der *Hydra* bekanntlich die Fähigkeit fast aller Körpertheile, sich abgelöst vom Thiere sofort wieder zum Individuum zu gestalten, sehr gross ist, so werden „die Arme, die Darmhöhle, der Stiel der einfachen *Hydra* für untergeordnete Individuen-Stöcke eines Hauptstockes" erklärt. Aber auch die verwandten marinen Hydroidpolypen werden wegen dieser ausserordentlichen Reproductionsfähigkeit der ihnen nahestehenden *Hydra* für complicirte Individuen-Stöcke ausgegeben, und zwar nicht nur die ausgebildeten Einzelthiere, sondern sogar ihre infusorienartigen Embryonen! Dasselbe wird dann weiter von den einzelnen Medusen behauptet! „Die *Medusa aurita* ist ein zusammengesetzter und complicirter Individuen-Stock, dessen einzelne Theile strahlenförmig um die centrale Darmhöhle gruppirt sind. Was man daher als Organe der *Medusa aurita* betrachtet, sind nicht die Organe eines einfachen Individuums; es sind vielmehr Organe eines Haupt-Individuen-Stockes, die selbst wieder Individuen-Stöcke darstellen und sich sogar in Haupt- und untergeordnete Theile würden eintheilen lassen." Dieselbe Behauptung wird dann auch von den Würmern, sowohl Turbellarien als Anneliden aufgestellt, ferner sogar

[1]) Wenn Jemand dieses Urtheil zu hart finden sollte, so ersuchen wir ihn sich mit Aufopferung einer beträchtlichen Quantität von Zeit, Geduld und Mühe durch die ganze, 150 Quartseiten breite Schrift hindurchzuarbeiten. Wenn es gelungen ist, aus der dunklen und verworrenen Sprache Reicherts mit einiger Sicherheit zu errathen, was er eigentlich hat sagen wollen, und wenn man dann den ganzen Gedankengang verfolgt, so wird man über die absurden und unbegründeten Willkührlichkeiten, an denen die ganze Schrift reich ist, erstaunen. Man findet schliesslich, dass in dem anscheinend streng-philosophischen Gewande nur ein ganz hohler und unbrauchbarer, von echter Philosophie weit entfernter Inhalt verborgen liegt.

von den einfachen Individuen der Tunicaten und von den Echinodermen. Von den letzteren sollen nicht allein die fünfstrahligen Individuen, sondern sogar die einzelnen Strahlen derselben complicirte Individuenstöcke sein, durch ungeschlechtliche Knospenzeugung entstanden. Man würde vielleicht hinter diesem dunkeln Gewirre von ineinander laufenden und vielfach widersprechenden Behauptungen dennoch den richtigen tectologischen Grundgedanken entdecken können, dass alle höheren Organismen verwickelte Aggregate von differenzirten Individuen verschiedener Ordnung seien, wenn nicht andererseits ein wesentlicher Unterschied zwischen „Individuen" und „Organen" gemacht würde. Während aber bei den Wirbellosen die ganze Zusammensetzung des Körpers auf durch Knospung entstandene Individuenstöcke zurückgeführt wird, ist bei den Wirbelthieren davon nicht mehr die Rede. Reicherts Anschauungen würden sich noch einigermaassen rechtfertigen lassen, wenn er wenigstens so viel Consequenz besessen hätte, den Menschen und die übrigen Wirbelthiere, so gut als die Wirbellosen, für complicirte Individuenstöcke zu erklären. Nach seiner Auffassung müsste schon der Rumpf des Wirbelthieres immer ein Individuenstock sein, weil die einzelnen Abschnitte der Wirbelsäule durch ungeschlechtliche Zeugung oder Knospenbildung entstehen. Hier wird aber der Individuenstock plötzlich „Organstock" genannt, während die Wirbellosen in den Augen Reicherts keine „Organstöcke" zu besitzen scheinen. Weiter müsste dann, wenn derselbe seine Anschauungen consequent durchgeführt hätte, das Wirbelthier auch desshalb ein complicirter Individuenstock sein, weil vier untergeordnete Individuenstöcke, die Extremitäten, an ihm hervorsprossen, und an jeder dieser letzteren müssten dann die fünf Zehen als die „eigentlichen" Individuen betrachtet werden. Mit welcher Inconsequenz und Willkühr Reichert weiter verfährt, zeigt schon der Umstand, dass er die Fortpflanzung durch Theilung gänzlich leugnet. „Hauptsächlich ist es die künstliche oder natürliche Ablösung von Individuen oder Individuen-Stöcken eines meist durch Knospenbildung per intussusceptionem gebildeten Hauptstockes gewesen, die zu der Theorie von der Zeugung durch Theilung Veranlassung gegeben hat." Mit diesem Schlussworte der seltsamen Schrift schliessen wir unser Urtheil über dieselbe. Einige ihrer hervorragendsten Behauptungen sind schon von Victor Carus in seiner Morphologie widerlegt; die übrigen widerlegen sich für den unbefangenen Leser selbst.

Von weiteren Ansichten über die Bedeutung der thierischen Individualität haben wir nun nur noch zwei sehr verschiedene Auffassungen von V. Carus und von Huxley zu erwähnen. Victor Carus widmet den „thierischen Individuen und ihren verschiedenen Formen" ein besonderes Capitel, das sechste des zweiten Buches, in seinem „System

der thierischen Morphologie." Hier findet sich zum ersten Male mit voller Bestimmtheit die wesentlich morphologische Bedeutung der ganzen Frage betont, und deutlich die Ansicht ausgesprochen, „dass man unter dem Begriffe der thierischen Individuen nur materiell abgeschlossene morphologische Facta subsumiren darf," dass man also wohl von verschiedenen Formen der Individuen sprechen, aber nicht einzelne Formzustände eines Körpers als eben so viele Einzelindividuen unter einem die ganze Formenreihe begreifenden Gesammtindividuum begreifen darf, wie es Reichert that. Bestimmt man die Individualität eines Thieres, so ist dasselbe im Momente der Beurtheilung als unveränderlich zu betrachten." Mit diesen Worten ist der allein durchführbare Standpunkt zur Beurtheilung der thierischen Individualität im engeren Sinne des gewöhnlichen Sprachgebrauchs vollkommen richtig bezeichnet und der morphologische Character der Individualitäts-Anschauung gewahrt. Doch ist dieser richtige Gedanke in seinen Consequenzen nicht weiter ausgeführt, und auch die Definition, die Carus von dem Individuum (im engeren Sinne!) giebt,[1]) will uns nicht erschöpfend erscheinen.

Als verschiedene Formen der thierischen Individualität unterscheidet Carus 1. Vollständige Individuen, welche die drei Functionsgruppen (Erhaltung seiner selbst, Erhaltung der Art, Beziehung zur Aussenwelt) in sich vereinen und höchstens die Spaltung des Geschlechtsunterschiedes in zweierlei verschiedenen Geschlechts-Individuen zeigen. 2. Polymorphe selbstständige Individuen, wie die verschiedenen theils geschlechtlich entwickelten, theils nicht geschlechtlich entwickelten Individuen der Insecten-Staaten, welche ohne materiellen Zusammenhang in Gesellschaften beisammen leben, als Soldaten, Arbeiter, Geschlechtsthiere u. s. w. differenzirt. 3. Polymorphe Individuen, gleich den vorigen, theils geschlechtlich entwickelt, theils nicht, sämmtlich aber materiell verbunden durch den Zusammenhang ihres verlängerten Nahrungscanals, (z. B. in den Hydroidencolonieen). 4. Polymorphe Individuen, gleich den vorigen an einem Stock zusammen vereinigt, aber mit so weit entwickelter Arbeitstheilung, dass nicht nur die Function der geschlechtlichen Fortpflanzung, sondern auch die vegetativen und animalen Functionsgruppen auf verschiedene Individuen übertragen sind (Siphonophoren).

[1]) „Unter Individuen verstehen wir die sich in ihrer entwickelten Form an den ihrer Gattung gehörigen morphologischen Typus eng anschliessenden materiellen Einzelgrundlagen des Thierlebens, welche die drei Functionsgruppen des thierischen Lebens entweder einzeln vollständig erfüllen, oder welche sich, und zwar desto mehr je inniger ihre Verbindung zu einem Thierstocke ist, in die Uebernahme einzelner Verrichtungen theilen." V. Carus, System der thierischen Morphologie. 1853. p. 254.

Eine eigenthümliche, genetische und von der vorhergehenden sehr abweichende Auffassung der Frage von der thierischen Individualität, und die letzte, welche wir hier zu erwähnen haben, rührt von einem der hervorragendsten englischen Naturforscher, Th. Huxley, her.[1]) Derselbe unterscheidet zunächst allgemein drei verschiedene Arten (kinds) der Individualität überhaupt: 1. Das subjective oder arbiträre Individuum, lediglich die einheitliche Anschauung eines einzelnen Dinges von einer gegebenen Art bezeichnend, z. B. eine Landschaft, ein Jahrhundert. 2. Das Individuum als Einheit von Theilen, die durch ein Coexistenz-Gesetz verbunden sind, z. B. ein Krystall. 3. Das Individuum als eine Einheit von Zuständen, welche durch ein Successions-Gesetz verbunden sind, also ein Cyclus (z. B. eine Pendelschwingung). Jeder Organismus ist ein solches Individuum der letzteren Art, also eine Einheit von verschiedenen, auf einander folgenden Zuständen, von der Entstehung des Eies an bis zum Tode, so also der Mensch in seiner Entwickelungsreihe als Ei, Embryo, Kind, Mann und Greis. Allgemein bezeichnet ist also das thierische Individuum die Summe der Erscheinungen, welche durch ein Einzelleben nach einander repräsentirt werden, oder mit andern Worten, die Summe aller einzelnen Formen, die aus einem einzigen Ei hervorgehen.

Die sehr verschiedene Art und Weise, in der nach dieser Auffassung das Individuum in verschiedenen Abtheilungen des Thierreiches repräsentirt wird, stellt Huxley in folgender Uebersicht zusammen:

I. Darstellung des Individuums durch successive inseparable Formen.

A. Formen wenig verschieden. Einfaches Wachsthum (z. B. Ascaris).

B. Formen deutlich verschieden. Metamorphose (z. B. Triton).

II. Darstellung des Individuums durch successive separable Formen.

1) Frühere Formen nicht unabhängig von den späteren.

A. Formen wenig verschieden. Wachsthum mit Ecdysis oder Häutung (z. B. Blatta).

B. Formen deutlich verschieden. Wachsthum mit Metamorphose (z. B. Käfer).

2) Frühere Formen theilweis unabhängig von den späteren (z. B. Seesterne).

III. Darstellung des Individuums durch successive und coexistente separable Formen.

a. Aeussere Knospung. } b. Innere Knospung.

A. Formen wenig verschieden. Alle Formen produciren Eier.

Hydra. Nais. } Gyrodactylus.

B. Formen deutlich verschieden. Bloss die letzten Formen produciren Eier.

Die letzten Formen nicht örtlich (General) erzeugt.

Medusa } Distoma

Die letzten Formen örtlich (Local) erzeugt.

Salpa } Aphis.

---

[1]) Th. Huxley, Upon animal individuality. Proceed. of the royal institution. Nov. ser. Vol. I, 1855. p. 184 ff.

Das Individuum in Huxleys Sinne repräsentirt, wie man sieht, keine anatomische, sondern eine genealogische Einheit. Die Einheit der Entwickelung, oder die Einheit der Abstammung von einem und demselben Keime, und zwar von einem geschlechtlichen Keime (Ei), ist ihm das Kriterium der Individualität, und mithin die geschlechtliche Zeugung die Grenzmarke der gleichen Individuen. Da nun hiernach nur der geschlechtlich erzeugte Keim das Individuum repräsentirt, und alle durch ungeschlechtliche Zeugung, sei es Knospenbildung oder Theilung, entstandenen Formen lediglich Theilstücke jenes ersten sind, so kommen wir mit Huxley consequenter Weise zu dem Schlusse, dass nicht nur alle in einander geschachtelten Generationen von *Gyrodactylus*, nicht nur alle durch Theilung oder Knospung aus einer einzigen geschlechtlich erzeugten *Hydra* oder *Nais* erzeugten Formen, sondern auch alle Hydroidpolypen und deren Stöcke, welche aus einem einzigen Medusen-Ei hervorgehen, ferner alle Salpen, die in einer einzigen Salpenkette vereinigt sind, ja sogar sämmtliche Blattläuse, welche von der ersten geschlechtlich erzeugten Amme durch ungeschlechtliche Zeugung in mehreren (9—11 und mehr) Generationen im Laufe eines Sommers hervorgebracht sind (möglicherweise viele Millionen Blattläuse), alle zusammen nur ein einziges Individuum darstellen, dass sie alle zusammen nur eine Repräsentation des Individuums durch successive und coexistirende separable Formen sind.

Dieselbe genealogische Auffassung, welche Huxley hier von den thierischen Individuen darlegt, war schon vor längerer Zeit von Gallesio in seiner „Teoria della riproduzione vegetale" (1816) hinsichtlich der Pflanzen aufgestellt worden. Auch Gallesio betrachtet sämmtliche durch ungeschlechtliche Zeugung (Knospung oder Theilung) entstandene Individuen, also alle Sprosse und Ableger der Pflanze (Knospen, Knollen, Zweige etc.) nur als Theilstücke eines einzigen Individuums, welches aus dem Ei (dem Samenkorn) hervorgegangen ist. Durch alle verschiedenen Formen der ungeschlechtlichen Zeugung soll das Individuum bloss fortgesetzt, kein neues Individuum erzeugt werden.

So leicht es auch erscheinen muss, nach dieser Auffassung die Grenze der organischen Individualität zu bestimmen, so wenig geeignet erscheint dieselbe dennoch, eine allgemein befriedigende Vorstellung von derjenigen anschaulich leicht aufzufassenden Einheit zu geben, welche man allgemein als „Individuum im engeren Sinne" oder als „absolutes Individuum" bezeichnet. Bei den höheren Thieren allerdings fällt der Begriff der Individualität stets zusammen mit dem Kriterium der geschlechtlichen Zeugung, der Entwickelung aus einem befruchteten Ei. Bei den niederen Thieren dagegen und bei den allermeisten Pflanzen, wo geschlechtliche Generationen vielfach mit unge-

schlechtlichen wechseln, kommen wir durch consequente Anwendung dieses Kriteriums alsbald in grosse Verlegenheiten. In vielen Fällen können wir die geschlechtlich erzeugten Individuen absolut nicht von den ungeschlechtlich erzeugten unterscheiden, und jene führen eine eben so selbstständige Existenz, als diese. In manchen Fällen wissen wir positiv, dass zahllose vollkommen selbstständige Individuen oder Individuenstöcke, z. B. alle Trauerweiden Europas, alle Blutbuchen, alle Rosskastanien mit gefüllter Blüthe, durch fortgesetzte ungeschlechtliche Zeugung, Fortpflanzung durch Ableger, Knospen etc. aus einem einzigen Individuum hervorgegangen sind. Sollen wir desshalb alle diese einzelnen, über einen ganzen Erdtheil zerstreuten Bäume für Theilstücke eines einzigen Individuums halten? Sollen wir alle die Millionen von Blattläusen, die von einer einzigen geschlechtlich erzeugten Blattlaus durch fortgesetzte innere Knospung entstanden sind, und die alle dieser letzteren, bis auf den Mangel gewisser Geschlechtstheile, vollkommen gleichen, für abgelöste Stücke derselben erklären? Es widerspricht dies zu sehr der natürlichen Forderung der räumlichen Einheit, welche wir nothwendig von dem Individuum, mögen wir dasselbe nun mehr vom physiologischen oder mehr vom morphologischen Standpunkt aus betrachten, verlangen müssen. Auch kommen wir dadurch in grosse Verlegenheit bezüglich derjenigen niederen Organismen, bei denen eine geschlechtliche Fortpflanzung überhaupt noch nicht nachgewiesen ist, wie z. B. bei zahlreichen Organismen des Protistenreichs, bei den Moneren, Protoplasten, Rhizopoden, Noctiluken, Diatomeen etc. Da diese niedrig stehenden Organismen sich, wenigstens zum grossen Theil, ausschliesslich auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzen, so würde das genealogische Individuum, wie es Gallesio für die Pflanze, Huxley für das Thier bestimmt hat, sich hier überhaupt nicht erkennen lassen. Es bliebe nichts übrig, als die ganze Art, welche sich zahllose Generationen hindurch immer in derselben Weise auf ungeschlechtlichem Wege fortpflanzt, oder vielmehr, da die Art veränderlich ist, den Stamm, welcher sich aus allen verwandten Arten zusammensetzt, als Individuum zu bezeichnen. Allerdings können wir auch diese Individualität als solche gelten lassen; ein solcher Entwickelungs-Cyclus ist auch eine organische Einheit; allein er entspricht nicht dem Begriffe des individuellen Organismus, wie ihn die Tectologie als Theil der Anatomie zu bestimmen hat. Vielmehr fällt diese genealogische Individualität, als eine Entwickelungseinheit, der Entwickelungsgeschichte oder Ontogenie anheim und wir werden sie daher im fünften und sechsten Buche zu erläutern haben.

Blicken wir nochmals vergleichend zurück auf die angeführten verschiedenen Versuche, welche zur Bestimmung der thierischen Individualität gemacht worden sind, so finden wir deren Begriff weit

weniger entwickelt und scharf bestimmt, als es bei der pflanzlichen Individualität der Fall ist. Insbesondere sind die verschiedenen Ordnungen von Individualitäten, welche die Botaniker (Decandolle, Schleiden, Nägeli) in verschiedener Weise mehr oder minder scharf als Kategorieen verschiedenen Grades zu bestimmen versucht haben, von den Zoologen bisher nicht erkannt oder doch nicht irgend präcis als solche bezeichnet worden, obwohl der Organismus der höheren Thiere, ganz ebenso wie der der höheren Pflanzen, sich aus subordinirten Individualitäten verschiedener Ordnung zusammensetzt. Allerdings ist in neuerer Zeit mehr und mehr auch in der thierischen Biologie die Zelle als Elementar-Organismus und als Individualität erster Ordnung anerkannt worden, und der ganze Organismus als eine organisirte Gesellschaft, als ein Staat von Zellen. Insbesondere hat das sorgfältige histologische Studium des menschlichen Körpers mehr und mehr die Ansicht befestigt, dass die Zellen als die letzten selbstständigen „Lebensheerde" den ganzen Organismus constituiren, und dass die Lebensthätigkeit des letzteren nichts Anderes ist, als die Summe der Lebensthätigkeiten der einzelnen Zellen. Namentlich haben Brücke u. A. die normalen, Virchow die pathologischen Functionen des menschlichen Organismus in dieser Weise als das Resultat der gesammten Functionen der einzelnen Zellen oder „Elementar-Organismen" nachzuweisen versucht. Da jedoch im thierischen Organismus die einzelnen Zellen weniger selbstständig sind als im pflanzlichen, da ihre Wechselbeziehungen unter einander und zum Ganzen innigere sind, so ist diese richtige Auffassung nicht in der Weise wie bei den Pflanzen, zu allgemeiner Geltung gelangt. Ebenso hat man die Individualitäten höherer Ordnung, welche bei den Pflanzen theilweis schon erkannt worden waren, beim Thiere fast nirgends berücksichtigt. Eine Ausnahme machen hier nur die Individuen höchster Ordnung, die Stöcke (insbesondere die Colonieen der Würmer und Coelenteraten), deren pflanzenstockähnliche Zusammensetzung zu einer analogen Betrachtung auffordert. Hier war es denn auch, wo der Unterschied zwischen physiologischer und morphologischer Individualität mit Recht besonders hervorgehoben und von den Zoologen (besonders Leuckart und V. Carus) schärfer betont wurde, als es bei den Pflanzen geschehen war.

Nach unserer Ansicht findet die Theorie von der relativen Individualität ebenso in der Tectologie der Thiere, wie der Pflanzen, allgemeine Anwendung, und wir können auch bei den Thieren allgemein mehrere über einander geordnete Kategorieen von Individuen unterscheiden, von denen jede höhere zwar eine geschlossene Einheit, aber dennoch zugleich eine Vielheit von subordinirten Individuen niederer Stufe darstellt. Wir werden im Folgenden den Beweis zu führen ver-

suchen, dass diese verschiedenen Stufenfolgen bei den Thieren durchaus analoge, wie bei den Pflanzen sind, und dass wir demgemäss auch hier folgende sechs Ordnungen zu unterscheiden haben: 1) die Zelle (Cellula), 2) das Organ (Rumpf-Organe und Extremitäten-Organe), 3) das Gegenstück oder Antimer, 4) das Rumpfglied (Segment) oder Folgestück (Metamer), 5) die Person (dem pflanzlichen Spross entsprechend), 6) den Stock (Cormus).

VI. Morphologische und physiologische Individualität.

Die vorhergehenden Betrachtungen über die verschiedenartige Entwickelung des Individualitäts-Begriffes bei den Botanikern und bei den Zoologen haben uns zu dem Resultate geführt, dass die ersteren in ihrer anatomischen Analyse des pflanzlichen Organismus sorgfältiger die Individualitäten verschiedener Ordnung unterschieden, die letzteren dagegen bei ihrer biologischen Betrachtung des thierischen Organismus klarer die physiologische und morphologische Individualität aus einander gehalten haben. Hieraus ergeben sich uns bereits die zwei verschiedenen Gesichtspunkte, von denen aus wir in unserer generellen Tectologie die Individualität der Organismen überhaupt werden zu betrachten haben. Wir werden erstens genau und scharf zu unterscheiden haben zwischen der morphologischen und der physiologischen Individualität des Organismus und wir werden zweitens sorgfältig die Individualitäten verschiedener Kategorieen zu sondern haben, aus denen sich der ganze Organismus zusammensetzt.

Morphologisches Individuum oder Form-Individuum oder organische Formeinheit nennen wir allgemein diejenige einheitliche Formerscheinung, welche ein in sich abgeschlossenes und formell continuirlich zusammenhängendes Ganzes bildet; ein Ganzes, von dessen constituirenden Bestandtheilen man keinen hinwegnehmen, und das man überhaupt nicht in Theile auseinander legen kann, ohne das Wesen, den Character der ganzen Form zu vernichten. Das Form-individuum ist demnach eine einfache, zusammenhängende Raumgrösse, die wir im Momente der Beurtheilung als eine unveränderliche Gestalt anzusehen haben.[1])

---

[1]) Passender würde man die morphologische Individualität des Organismus als das anatomische Individuum zu bezeichnen haben, da ja auch das vorher besprochene genealogische Individuum oder die Entwickelungseinheit, welche wir als Keimproduct, als Art und als Stamm im fünften und sechsten Buche zu betrachten haben, unter den Begriff des morphologischen Individuums fällt. Da jedoch bereits die Bezeichnung des anatomischen Individuums als morphologischen (im Gegensatz zum physiologischen) eingebürgert ist, so wollen wir dieselbe ein für allemal beibehalten.

Physiologisches Individuum oder Leistungs-Individuum oder Lebenseinheit nennen wir diejenige einheitliche Formerscheinung, welche vollkommen selbstständig längere oder kürzere Zeit hindurch eine eigene Existenz zu führen vermag; eine Existenz, welche sich in allen Fällen in der Bethätigung der allgemeinsten organischen Function äussert, in der Selbsterhaltung. Das Leistungs-Individuum ist demnach eine einfache, zusammenhängende Raumgrösse, welche wir als solche längere oder kürzere Zeit hindurch leben, d. h. sich ernähren sehen, und welche wir also im Momente der Beurtheilung als veränderlich ansehen. Sehr häufig vermag dieselbe ausserdem sich fortzupflanzen und auch andere Lebens-Functionen zu vollziehen. Der Kürze halber wollen wir die physiologischen Individuen ein für allemal mit dem Namen der Bionten oder Onten belegen.[1])

Die morphologische Individualität zerfällt in sechs verschiedene, subordinirte Kategorieen oder Ordnungen von Individuen, und jede dieser Ordnungen tritt in bestimmten Organismen als physiologische Individualität auf. Für jede Art (Species) ist aber eine bestimmte Ordnung als höchste characteristisch und repräsentirt hier ausnahmslos die eigentliche physiologische Individualität, wenigstens zur Zeit der vollkommenen Reife des Organismus. Die sechs Ordnungen der organischen Individualität sind folgende:

I. Plastiden (Cytoden und Zellen) oder „Elementar-Organismen."

II. Organe (Zellenstöcke oder Zellfusionen, einfache oder homoplastische Organe, zusammengesetzte oder heteroplastische Organe, Organ-Systeme, Organ-Apparate).

III. Antimeren (Gegenstücke oder homotype Theile). „Strahlen" der Strahlthiere, „Hälften" der eudipleuren (bilateral-symmetrischen) Thiere etc.

IV. Metameren (Folgestücke oder homodyname Theile). „Stengelglieder" der Phanerogamen, „Segmente", Ringe oder Zoniten der Gliederthiere und Wirbelthiere etc.

V. Personen (Prosopen). Sprosse oder Gemmae der Pflanzen und Coelenteraten etc. „Individuen" im engsten Sinne bei den höheren Thieren.

VI. Cormen (Stöcke oder Colonieen). Bäume, Sträucher etc. (Zusammengesetzte Pflanzen). ~~Salpenketten~~, Polypenstöcke etc.

Jedes dieser sechs morphologischen Individuen verschiedener Ordnung vermag als selbstständige Lebenseinheit aufzutreten und das physiologische Individuum zu repräsentiren. Auf der niedersten Stufe der Plastiden bleiben sehr viele Organismen zeitlebens stehen, z. B.

---

[1]) *βίον, τὸ* (*βίοντα, τὰ*) das physiologische Individuum als concrete Lebenseinheit, als selbstständiges „Lebewesen."

die meisten Protisten und viele Algen. Die zweite Kategorie des Form-Individuums, das Organ, erscheint als selbstständige Lebenseinheit bei vielen Protisten, Algen und Coelenteraten. Auf der dritten Stufe, dem Antimeren-Zustande, bleibt die Lebenseinheit stehen bei vielen Protisten und einzelnen niederen Pflanzen und Thieren. Die vierte Ordnung, das Metamer, erscheint als Lebenseinheit bei den meisten Mollusken, vielen niederen Würmern, Algen etc. Die fünfte Kategorie, die Person, repräsentirt das physiologische Individuum bei den meisten höheren Thieren, aber nur bei wenigen Pflanzen. Endlich die sechste Ordnung der morphologischen Individuen, der Stock, bildet die physiologische Individualität bei den meisten Pflanzen und Coelenteraten.

Sehr wichtig ist nun die Erwägung, dass alle Organismen ohne Ausnahme, welche als ausgebildete, reife Lebenseinheiten durch morphologische Individuen höherer Ordnung repräsentirt werden, ursprünglich nur der niedersten Ordnung angehören und sich zu den höheren Stufen nur dadurch erheben können, dass sie die niederen alle oder grösstentheils durchlaufen. Der Mensch z. B. und ebenso jedes andere Wirbelthier, ist als Ei ursprünglich ein Form-Individuum erster Ordnung. Es erreicht die zweite Stufe, indem aus der Eifurchung ein Zellenhaufen hervorgeht, der den morphologischen Werth eines Organs besitzt. Mit der Ausbildung der Embryonalanlage und mit dem Auftreten des Primitivstreifes (der Axenplatte) scheidet es sich in zwei Individuen dritter Ordnung oder Antimeren. Mit dem Hervorknospen der Urwirbel beginnt die Gliederung des Rumpfes, der Zerfall in Metameren, und mit deren Differenzirung ist die Ausbildung der Person, des Form-Individuums fünfter Ordnung, vollendet, welches nun als physiologisches Individuum persistirt. Ebenso durchläuft jede geschlechtlich erzeugte phanerogame Pflanze, indem sie aus der einfachen Zelle (dem Keimbläschen, dem eigentlichen Ei) zum Zellenhaufen (Organ) wird, der sich mit dem Auftreten einer Axe in zwei oder mehr Antimeren differenzirt, die drei ersten Stufen der Form-Individualität. Auf der vierten Stufe des Metamers bleibt sie bis zum Beginne der Gliederung der Axe. Aus den differenzirten Stengelgliedern setzt sich der Spross zusammen, der nun aus der fünften zur sechsten Stufe, dem Stocke, sich durch Bildung seitlicher Sprosse erhebt.

Hieraus geht deutlich hervor, dass der eigentliche morphologische Werth der physiologischen Individualität für jede Organismen-Art nur nach erlangter vollständiger Reife, wenn sie „ausgewachsen" ist, bestimmt werden kann. Man darf daher auch niemals als Kriterium der physiologischen Individualität, wie es vielfach geschehen ist, die Entwickelungsfähigkeit zu einer selbstständigen Lebenseinheit betrachten. Diese haftet ursprünglich stets an den Form-Individuen

erster Ordnung, den Plastiden (Cytoden und Zellen), und erst durch die Differenzirung der Zellen, welche bei den höheren Organismen (besonders den Thieren) sehr weit geht, verlieren dieselben jene Fähigkeit, oder vielmehr es bleibt dieselbe auf einzelne bestimmte Plastiden (Eier) beschränkt. Ausnahmsweise (*Hydra*, viele Phanerogamen) behalten auch noch bei höher differenzirten Organismen zahlreiche Plastiden diese Entwickelungsfähigkeit bei. Ebenso wenig als letztere darf man die Reproductionsfähigkeit, das Vermögen eines abgelösten Theils, sich zum Ganzen zu ergänzen (Würmer, Coelenteraten, viele Phanerogamen), als Kriterium der physiologischen Individualität anwenden, da auch hier das eigentlich Wirksame die ursprünglich allen Plastiden eigene Entwickelungsfähigkeit ist. Will man die physiologische Individualität der Organismen dadurch characterisiren, so geht die Schärfe ihres Begriffes vollständig verloren. Diese ist nur dadurch zu erhalten, dass wir die Fähigkeit der Selbsterhaltung als das entscheidende Kriterium hinstellen, sowie es für die morphologische Individualität in der Unfähigkeit der Theilung, in der individuellen Untheilbarkeit liegt. Das Leistungs-Individuum ist der einheitliche Lebensheerd, dessen Existenz mit der Function der Selbsterhaltung erlischt; das Form-Individuum ist die einheitliche Lebensgestalt, deren Existenz mit ihrer Theilung erlischt.

Die vielfach aufgeworfene Frage nach der absoluten Individualität der Organismen ist also dahin zu beantworten, dass dieselbe nicht existirt, und dass alle Organismen, als physiologische Individuen betrachtet, entweder zeitlebens auf der ersten Stufe der morphologischen Individualität, der Plastide, stehen bleiben, oder aber, von dieser ausgehend, sich secundär zu höheren Stufen erheben.

Indem wir nun in den folgenden Capiteln das Verhältniss der verschiedenen Individualitäts-Grade zu einander, welches die eigentliche Grundlage der gesammten Tectologie ist, näher zu bestimmen versuchen, wollen wir zunächst die Begriffe der sechs einzelnen Ordnungen der morphologischen Individualität bestimmt feststellen, und dann nachweisen, wie jede dieser verschiedenen Ordnungen in verschiedenen Organismen die physiologische Individualität zu repräsentiren vermag.

Neuntes Capitel.

Morphologische Individualität der Organismen.

„Die Pflanze erscheint fast nur einen Augenblick als Individuum, und zwar da, wenn sie sich als Samenkorn von der Mutterpflanze loslöst. In dem Verfolg des Keimens erscheint sie schon als ein Vielfaches, an welchem nicht allein ein identischer Theil aus identischen Theilen entspringt, sondern auch diese Theile durch Succession verschieden ausgebildet werden, so dass ein mannichfaltiges, scheinbar verbundenes Ganzes zuletzt vor unseren Augen dasteht. Allein dass dieses scheinbare Ganze aus sehr unabhängigen Theilen bestehe, giebt theils der Augenschein, theils die Erfahrung: denn Pflanzen, in viele Theile getrennt und zerrissen, werden wieder als eben so viele scheinbare Ganze aus der Erde hervorsprossen."

Goethe.

I. Morphologische Individuen erster Ordnung:

Plastiden oder Plasmastücke.

I. 1. Unterscheidung von Cytoden und Zellen.

Als morphologische Individuen erster und niedrigster Ordnung würden wir, der gegenwärtig herrschenden Auffassung gemäss, nur eine einzige Art von Körpern, die Zellen (Cellulae) aufzuführen haben. Nach derjenigen Auffassung des thierischen und pflanzlichen Organismus, welche der unsrigen am nächsten steht, ist derselbe entweder eine einzige einfache Zelle oder ein einheitliches Aggregat von mehreren, entweder gleichartigen oder differenzirten Zellen. Die Zelle ist hiernach das allgemeine Form-Element oder das Elementar-Organ aller Organismen und wird als solches jetzt häufig als Elementar-

Organismus bezeichnet. Die Zellen sind entweder selbst die ganzen Organismen (Eier der Pflanzen und Thiere, einzellige Pflanzen etc.), oder sie sind die Individuen, durch deren Verbindung der ganze Organismus, als Zellen-Gesellschaft oder Zellen-Staat, sich constituirt.

Es ist diese Auffassung, welche von Schleiden und Schwann in die Wissenschaft eingeführt wurde, und welche man nach ihnen allgemein als „Zellentheorie" bezeichnet, gegenwärtig in der gesammten Biologie die herrschende Theorie. So richtig dieselbe ohne Zweifel im Grossen und Ganzen ist, und so sehr wir sie für die grosse Mehrzahl aller Organismen als die allein berechtigte anerkennen müssen, so ist es dennoch nicht möglich, sie auf alle Organismen ohne Ausnahme auszudehnen. Vielmehr kennen wir viele Organismen niedersten Ranges, z. B. Polythalamien und andere Rhizopoden, Protogeniden, etc., deren ganzer Körper noch nicht einmal den Werth einer einzigen Zelle besitzt, und einen individuell abgeschlossenen Form-Zustand der lebenden Materie repräsentirt, den wir durch den Namen der Cytode[1]) oder des zellenähnlichen Körpers bezeichnen wollen.

Um unsere Unterscheidung der Elementar-Organismen in Zellen und Cytoden zu begründen, ist es nöthig, auf die Geschichte der Zellentheorie einen flüchtigen Blick zu werfen.

Schleiden, dem das Verdienst gebührt, zuerst auf dem Gebiete der Pflanzenkunde die Zellentheorie begründet und mit scharfer Consequenz durchgeführt zu haben, definirt die Pflanzenzelle (cellula), als „das Elementarorgan, welches vollständig entwickelt eine aus Zellstoff gebildete Wandung und eine halbflüssige stickstoffhaltige Auskleidung besitzt, und das einzige wesentliche Formelement aller Pflanzen bildet, ohne welches eine Pflanze nicht besteht." Schwann, der Schleidens Zellentheorie auf die Zusammensetzung des thierischen Körpers anwandte, und nachwies, dass der thierische Organismus nicht minder als der pflanzliche einzig und allein aus Zellen und Zellenderivaten, als letzten Elementartheilen, zusammengesetzt sei, legte ein grösseres Gewicht auf den Zellenkern (Nucleus) und wies nach, dass der Kern in den allermeisten thierischen Zellen, und zu irgend einer Zeit ihres Lebens wahrscheinlich in allen Zellen aufzufinden sei. Nach Schleidens Auffassung ist demnach die Zelle aus zwei wesentlichen Bestandtheilen zusammengesetzt, ein Bläschen, welches in einer festen, ringsum geschlossenen Wandung oder Membran einen flüssigen oder halbflüssigen Inhalt besitzt. Nach Schwann dagegen sind zum Begriffe der Zelle drei wesentlich verschiedene Bestandtheile nothwendig, Membran, Inhalt und Kern. Der letzte Bestandtheil, der Kern, wurde bald so allgemein in den meisten animalen und vegetabilen Zellen, wenigstens in einer gewissen frühesten Periode ihrer Existenz nachgewiesen, dass die Trini-

[1]) *κύτος, τὸ*, cellula, Zelle; *κυτώδης*, cellularis, zellenähnlich.

tätslehre der Zelle, wie sie von Schwann aufgestellt war, allgemein herrschend wurde.

So lange man sich vorwiegend mit dem Studium der Pflanzenzellen beschäftigte, die meistens schon in einer sehr frühen Zeit ihres Lebens und fast allgemein deutlich eine Membran erkennen lassen, und so lange man die von ihnen gewonnene Anschauung auf die Betrachtung der thierischen Zellen übertrug, musste die Membran der Zelle als ein eben so wichtiger Bestandtheil derselben wie Kern und Inhalt erscheinen und beinahe zwanzig Jahre hindurch blieb daher die Trinitätslehre der Zelle fast unangefochten. Erst als man die Zellen des thierischen Organismus allgemeiner und eingehender und unabhängig von den pflanzlichen zu betrachten begann, brach sich die Erkenntniss Bahn, dass die Membran der Zelle in sehr vielen Fällen vollkommen fehlt und dass die Zellen dann blos aus zwei wesentlichen Bestandtheilen zusammengesetzt sind, aus dem Kern und der Zellsubstanz oder dem Zellstoff. Mit dem letzteren Namen müssen wir den sogenannten „Zell-Inhalt“ bezeichnen, wenn eine Membran und damit der Gegensatz von Hülle und Inhalt fehlt.

Diese sehr wichtige Reform der Zellenlehre wurde von Leydig herbeigeführt, welcher in seinem „Lehrbuch der Histologie des Menschen und der Thiere“ (1857) zuerst mit Bestimmtheit aussprach, dass „nicht alle Zellen blasiger Natur sind; nicht immer ist eine vom Inhalt ablösbare Membran zu unterscheiden.“ Leydig definirt die Zellen „als die kleinsten organischen Körper, welche eine wirksame Mitte besitzen, die alle Theile auf sich selber und ihr Bedürfniss bezieht. — Zum morphologischen Begriff einer Zelle gehört eine mehr oder minder weiche Substanz, ursprünglich der Kugelgestalt sich nähernd, die einen centralen Körper einschliesst, welcher Kern (Nucleus) heisst. Die Zellsubstanz erhärtet häufig zu einer mehr oder minder selbstständigen Grenzschicht oder Membran, und alsdann gliedert sich die Zelle nach den Bezeichnungen der Schule in Membran, Inhalt und Kern.“

Dieselbe Lehre ist dann von Max Schultze[1]) ausführlich begründet worden, indem derselbe auf den Mangel der Membran an sehr vielen, und gerade den wichtigsten Zellen (den Nervenzellen, Furchungskugeln und ihren Abkömmlingen, den Embryonalzellen) aufmerksam machte. Max Schultze definirt die Zelle als „ein Klümpchen Protoplasma, in dessen Innerem ein Kern liegt. Der Kern sowohl als das Protoplasma sind Theilproducte der gleichen Bestandtheile einer anderen Zelle. Die Zelle führt ein in sich abgeschlossenes Leben.“

Der entscheidende und unwiderlegliche Beweis, dass gewissen Zellen jede Spur einer Membran fehlt, und dass sie blos aus einem Klumpen halbflüssiger schleimartiger Zellsubstanz (Protoplasma) bestehen, welcher einen Kern umschliesst, ist zuerst von mir dadurch geliefert worden, dass ich das Eindringen fester Moleküle in das Innere des Protoplasma und ihre Anhäufung rings um den Kern beobachtete, und dass ich durch ein

---

[1]) Max Schultze, „Ueber Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe.“ Reicherts und Du Bois-Reymonds Archiv, 1861, p. 11.

einfaches Experiment die amoebenartigen Blutzellen wirbelloser Thiere (Mollusken und Crustaceen) veranlasste, feste Pigamentmoleküle mittelst ihrer amoebenartigen Bewegungen und Formveränderungen in ihr Inneres aufzunehmen.[1]) Diese Experimente sind von Recklinghausen,[2]) Preyer[3]) und Anderen an den farblosen Blutzellen kaltblütiger und von Max Schultze[4]) neuerlichst, an den farblosen Blutzellen warmblütiger Wirbelthiere, des Menschen selbst, mit dem gleichen Erfolge wiederholt worden. Es kann hiernach nicht mehr zweifelhaft sein, dass wirkliche echte Zellen, wofür die farblosen Blutzellen mit Recht allgemein gelten, keine Membran besitzen und bloss aus zwei wesentlichen Bestandtheilen, dem centralen festen Kern (Nucleus) und der peripherischen schleimartigen Zellsubstanz (Protoplasma) bestehen. Die nahe Verwandtschaft dieser Blutzellen mit anderen amoebenartigen Zellen (Embryonalzellen, Bindegewebszellen, Knorpelzellen und indifferenten Zellen niederer Thiere), welche die gleiche Form und Structur und die gleichen Bewegungserscheinungen zeigen, macht es aber sehr wahrscheinlich, dass der Mangel der Membran sehr weit verbreitet und in einer ersten Jugendperiode allen Zellen gemeinsam ist.

Als wesentliche Bestandtheile aller echten Zellen müssen also zwei differente Theile betrachtet werden: I. der innere (centrale oder excentrische) Zellkern (Nucleus, Cytoblastus), welcher entweder ein fester, homogener, oder selbst wieder ein zusammengesetzter (bläschenförmiger) Körper ist; II. der äussere, den Kern umschliessende (peripherische) Zellstoff (Protoplasma, Plasma), welcher aus einem festflüssigen Eiweisskörper besteht. Als dritter, nicht constanter und in der ersten Jugend der Zelle stets oder doch meist fehlender Bestandtheil, kommt dazu in vielen Fällen eine äusserste, den Zellstoffkörper umschliessende Zellhaut (Membrana cellulae) welche entweder nur die verdichtete und als besondere Hautschicht differenzirte äusserste Oberflächenlage des Protoplasma oder aber von diesem in flüssiger Form, als Secret, nach aussen abgeschieden, und in Form einer Cuticula über demselben erstarrt, erhärtet ist.

Wir können demgemäss sämmtliche Zellen des Pflanzen-, Protisten- und Thierreichs in zwei Hauptgruppen bringen, Hautzellen und hautlose Zellen. Die nackten oder hautlosen Zellen oder Urzellen (Cellulae primordiales, Gymnocyta[5]), bestehen bloss aus innerem Kern und äusserem Protoplasma. Dahin gehören viele Eier, die Theilproducte derselben oder Furchungskugeln, die Embryonalzellen, viele Nervenzellen, Bindegewebszellen, die ausgeschlüpften Schwärmsporen vieler Algen etc. Bei den Hautzellen oder Schlauch-

---

[1]) Haeckel, Radiolarien, Berlin 1862, p. 104—106.
[2]) Recklinghausen, Virchow's Archiv Bd. XVIII, p. 184.
[3]) Preyer, Virchow's Archiv Bd. XXX, p. 420.
[4]) Max Schultze, Archiv für mikrosk. Anat. Bd. I, p. 23.
[5]) γυμνός nackt; κύτος (τὸ) Zelle.

zellen (Cellulae membranosae, Lepocyta)[1]) ist das den Kern umschliessende Protoplasma selbst wieder von einer äusseren Membran umgeben oder aber in Intercellularsubstanz eingeschlossen. Hierher gehören die meisten pflanzlichen und viele thierische Zellen.

Die genannten zwei differenten Bestandtheile: Kern (Nucleus) und Zellstoff (Plasma) müssen wir als die beiden integrirenden und zum Begriff nothwendigen Bestandtheile jeder Zelle festhalten; in jeder echten Zelle ist ein Kern innerhalb des Plasma zu irgend einer Zeit ihres Lebens, und zwar constant in der frühesten Zeit, nachzuweisen, wenn er auch späterhin verschwindet. Ein Plasmaklumpen ohne Kern ist keine Zelle mehr. Zwar sind einige Biologen, wie z. B. Brücke in seinem trefflichen Aufsatz über die Elementar-Organismen, noch weiter gegangen und haben auch den Kern für einen unwesentlichen und oft fehlenden Bestandtheil der Zelle erklärt. Sie berufen sich darauf, dass ein Kern in sehr vielen Fällen nicht in der Zelle nachzuweisen ist. Allein entweder ist der Kern hier früher einmal vorhanden gewesen, und dann ist die kernlose Zelle nicht mehr vollständig, oder er ist nie vorhanden gewesen und dann ist der individuelle organische Körper eben keine Zelle, sondern ein Plasmaklumpen, welcher noch nicht in inneren Kern und äusseres Plasma sich differenzirt hat, eine Cytode, wie wir es oben genannt haben. Wenn wir den Kern als integrirenden Bestandtheil des Zellenbegriffs aufgeben, so behalten wir für letzteren nichts übrig, als das individualisirte Protoplasma, einen morphologisch nicht näher bestimmbaren homogenen Eiweisskörper. Die Zelle wird dann zum Lichtenbergischen Messer ohne Griff und Klinge.

Andrerseits müssen wir grosses Gewicht auf die von Brücke und Anderen hervorgehobene Thatsache legen, dass individuelle Elementartheile, und zwar sowohl physiologisch als morphologisch abgeschlossene Einheiten, selbstständige Lebensheerde oder Elementar-Organismen existiren, welche keine Zellen nach unserer Definition sind, indem der Kern ihnen fehlt. Diese kernlosen Elementarorganismen sind es, welche wir als Cytoden bestimmt von den echten (kernhaltigen) Zellen unterscheiden müssen. Sie bestehen nur aus dem einen wesentlichen Bestandtheile der echten Zellen, aus einem Klumpen von Plasma oder Protoplasma, während der andere integrirende Bestandtheil der letzteren, der Kern, ihnen vollständig und zu jeder Zeit ihrer individuellen Existenz abgeht. Es ist dies der Fall bei sehr vielen Organismen niederster Ordnung, welche weder bestimmte thierische noch deutliche pflanzliche Charactere besitzen, und denen wir desshalb in dem Mittelreiche der Protisten den natürlichsten Platz anzuweisen glauben.

---

[1]) λέπος (τὸ) Rinde, Hülle, Schale; κύτος (τὸ) Zelle.

Die **Cytoden** oder die kernlosen Plasmaklumpen zerfallen gleich den echten kernhaltigen Zellen in zwei Gruppen, je nachdem das weiche, festflüssige Plasma ihres Körpers aussen nackt und hüllenlos oder an der Oberfläche von einer Hülle oder Membran umgeben ist. Diese Haut kann, wie die Zellhaut, entweder die verdichtete, differenzirte Oberflächenschicht des Plasmakörpers selbst, oder aber von der Oberfläche des Plasmakörpers nach aussen als flüssiges Secret abgeschieden und ausserhalb desselben zur Kapsel erhärtet sein. Diese Membran kann ferner entweder den ganzen Plasmakörper ringsum vollständig abschliessen, z. B. bei den Siphoneen und anderen sogenannten einzelligen (aber kernlosen!) Algen; oder die Membran kann unvollständig geschlossen und von einem oder mehreren Löchern oder Oeffnungen durchbrochen sein, aus welchen das eingeschlossene Plasma theilweis hervortreten kann, z. B. bei den Polythalamien.

Beide Arten von Cytoden sind wohl zu unterscheiden. Die nackten oder **hautlosen Plasmaklumpen** oder **Urklumpen** (**Gymnocytodae, Cytodae primordiales**), haben als wesentlichen Bestandtheil bloss **ein Stück Plasma**. Dahin gehören alle, für unsere jetzigen Hülfsmittel nicht weiter zerlegbaren, homogenen Organismen niederster Ordnung, *(Protogenes, Protamoeba)*, viele sogenannte Monaden, Vibrionen etc. Die umhüllten oder häutigen Plasmaklumpen dagegen oder die **Hautklumpen** (**Lepocytodae, Cytodae membranosae**) bestehen aus zwei Theilen, dem inneren **Plasma** und der dasselbe umschliessenden äusseren schlauchartigen **Membran**, welche in chemischer oder doch in physikalischer Beziehung sich von dem Plasma unterscheidet, und oft mechanisch von demselben abgetrennt werden kann. Hierher gehören viele niederste Organismen von unbestimmter Stellung und zum Theil von sehr indifferenter Natur, die wir in unserem Zwischenreiche der Protisten untergebracht haben, z. B. viele Rhizopoden (Acyttaria); viele sogenannte einzellige Algen (Siphoneen); auch die Sporen („Sommereier") der Aphiden, Daphniden etc.

Die Cytoden, welchen der Kern stets fehlt, und die echten Zellen, welche stets einen Kern zu irgend einer Zeit ihres Lebens besitzen, können unter dem Namen der **Plastiden** oder **Bildnerinnen** zusammengefasst werden und stellen als solche die morphologischen Individuen erster Ordnung dar. Diese Bildnerinnen sind in der That die bildenden, plastischen Elemente, welche durch ihr Zusammenwirken die Form-Individuen höherer Ordnung aufbauen, und durch ihre Aggregation die Gewebe, die Organe etc. constituiren. Nach den vorausgehenden Erläuterungen können wir unter den Plastiden allgemein vier Gruppen unterscheiden, welche sich in folgender Uebersicht auf zwei Hauptgruppen von Bildnerinnen (πλάστιδες) vertheilen:

Uebersicht der verschiedenen morphologischen Individuen erster Ordnung:

Plastides (Plasmastücke oder Klumpen).

I. **Cytodae.** (Cellinae.) Cytoden. Plasmaklumpen ohne Kern.
  I. 1. Gymnocytodae. Urklumpen oder nackte Klumpen. Kernlose Plasmaklumpen ohne Haut oder Schale.
  I. 2. Lepocytodae. Hautklumpen oder Schläuche. Kernlose Plasmaklumpen mit Haut oder Schale.

II. **Cellulae.** (Cyta.) Zellen. Plasmaklumpen mit Kern.
  II. 1. Gymnocyta. Urzellen oder nackte Zellen. Kernhaltige Plasmaklumpen ohne Haut oder Schale.
  II. 2. Lepocyta. Hautzellen oder Kernschläuche. Kernhaltige Plasmaklumpen mit Haut oder Schale.

II. 2. Zusammensetzung der Plastiden (Cytoden und Zellen) aus verschiedenen Formbestandtheilen.

A. Plasma. (Protoplasma.) Zellstoff.

Da wir durch die Eintheilung der Plastiden in Cytoden und Zellen neue Begriffe in die Plastidologie oder die sogenannte Gewebelehre (Histologie) eingeführt haben, deren Gebiet bisher seit Schwann die Zellen als die einzigen und allmächtigen Elementar-Organismen beherrschten, und da uns diese Unterscheidung der Cytoden und Zellen insbesondere für die Vorstellungen von der ersten Entstehung der Organismen die grösste Wichtigkeit zu besitzen scheint, so müssen wir den verschiedenen Structurverhältnissen der Plastiden eine, wenngleich ganz allgemein gehaltene, doch eingehendere Betrachtung widmen, als es bei den Individuen höherer Ordnung gestattet sein wird. Wir werden daher hier besonders die Zusammensetzung der Plastiden (Cytoden und Zellen) aus verschiedenen Formbestandtheilen und die wesentlichen Eigenschaften dieser Formbestandtheile ins Auge zu fassen haben, und betrachten demgemäss zunächst das Plasma oder den Zellstoff, dann den Nucleus oder Zellkern und endlich die verschiedenen (äusseren und inneren) Plasma-Producte.

Als Plasma oder Zellstoff, besser Bildungsstoff, bezeichnen wir nach dem Vorhergehenden alle diejenigen organischen Materien, welche als die wesentlichen und in keinem Falle fehlenden Träger der Lebensbewegung erscheinen, als das active materielle Substrat des Lebens, und welche also gewissermaassen als der „Lebensstoff“ oder die „lebende Materie“ im engeren Sinne bezeichnet werden könnten. Ueberall, wo wir bisher im Thier-, Protisten- und Pflanzen-Reiche in der Lage waren, die chemische Natur dieses Körpers bestimmen zu können, hat sich derselbe als ein Eiweisskörper oder Albuminat (sogenannte Protein-Verbindung) herausgestellt.

Das Plasma ist mit mehreren verschiedenen Namen belegt worden: ***Protoplasma*** (Mohl), ***Cytoplasma*** (Kölliker), ***Sarcode*** (Dujardin), ***Keimsubstanz*** oder „***Germinal matter***“ (Beale), ***Zellsubstanz***, ***Bildungssubstanz***, ***Zellstoff*** u. s. w. Wir werden es der Kürze halber stets als Bildungsstoff, Zellstoff oder Plasma bezeichnen.[1])

In einer jeden Plastide, sowohl in jeder Cytode als in jeder Zelle, tritt das Plasma als ein zusammenhängender festflüssiger Körper von äusserst verschiedenartiger Form auf, über welche sich im Allgemeinen Nichts aussagen lässt. Die Grösse ist sehr verschieden, von kaum messbarer Feinheit bis zu einem Durchmesser von mehreren Linien, selten mehreren Zollen (z. B. bei Caulerpa und anderen Siphoneen).

Während man früherhin meistens das Plasma, weil es in formeller und häufig auch bedeutend in quantitativer Beziehung hinter die übrigen Bestandtheile der Zelle zurücktritt, sehr vernachlässigte und namentlich bei den Pflanzenzellen vorwiegend die, zunächst allerdings am meisten ins Auge fallende Membran berücksichtigte, ist man neuerdings immer mehr und immer allgemeiner zu der Ueberzeugung gelangt, in dem Plasma den eigentlichen Heerd aller activen Lebensbewegung suchen zu müssen. Seine Stellung unter den Eiweissstoffen ist daher von besonderer Bedeutung.

Die Gruppe der Eiweisskörper, Albuminate oder Proteinstoffe, zu welcher alle verschiedenen Modificationen des activen, lebendigen Plasma gehören, ist bekanntlich in chemischer Beziehung vor allen anderen Stoffen durch zahlreiche und sehr wichtige Eigenthümlichkeiten ausgezeichnet. Durch ihre höchst complicirte Zusammensetzung aus 5 oder 6 Atomarten Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und häufig auch Phosphor) stellen sie sich über alle anderen organischen Verbindungen. Gewöhnlich sind die Eiweisskörper von Fetten, Alkalien und Kalksalzen begleitet, zum Theil in sehr eigenthümlicher Weise chemisch mit ihnen verbunden. Daher hat man sie in chemisch reinem Zustande bisher nur äusserst selten oder gar nicht darzustellen vermocht. Ferner zersetzen sie sich ausserordentlich leicht und vermögen die Zersetzungsbewegung katalytisch, als gährungserregende Stoffe, auf andere zersetzungsfähige Körper zu übertragen. Ihre ausserordentliche Neigung zu Umsetzungen erklärt sich vielleicht aus der ebenso lockeren als verwickelten atomistischen Zusammensetzung ihrer Moleküle. Schon der leiseste Anstoss vermag diesen complicirten Atomgruppen-Bau zu zerstören. Ihre quantitative Zusammensetzung ist daher sehr schwierig zu bestimmen, ihre theoretische Constitution noch ganz unbekannt. Mit anderen Verbindungen, Salzen, Säuren und Basen, treten sie in sehr wechselnden Verhältnissen zusammen. Die meisten Eiweisskörper stehen sich in vielen Beziehungen sehr nahe und sind oft sehr schwer zu unterscheiden. Dennoch verleiht ihnen schon der geringste Unterschied in ihrer atomistischen Constitution, der durch chemische Reac-

---

[1]) *τὸ πλάσμα* bedeutet eigentlich allerdings das Gebildete, Geformte, und richtiger würde demnach für unsere bildende Materie der Ausdruck Plasson (*τὸ πλάσσον*), das Bildende, das Formende, sein.

tionen oft gar nicht nachzuweisen ist, ganz verschiedene formbildende Eigenschaften. Endlich kommt ein und derselbe Proteinkörper oft in mehreren Modificationen vor, löslichen und schwerlöslichen oder unlöslichen, und damit im Zusammenhange steht die Leichtigkeit, mit welcher sie den Aggregatzustand wechseln und aus dem flüssigen in den festen übergehen. Hieraus erklärt es sich, dass die Proteinkörper in chemischer Beziehung die unbekanntesten, obwohl die für das Leben wichtigsten von allen Materien sind, wahrscheinlich die einzigen activen Substrate der Lebensbewegung.

Wie diese chemischen Eigenthümlichkeiten die Eiweisskörper in hohem Maasse auszeichnen, so gilt dies auch von ihren physikalischen Eigenschaften, welche bei der histogenetischen Thätigkeit des Plasma nicht minder in Frage kommen. Ausser der schon hervorgehobenen Leichtigkeit, mit welcher dieselben ihren Aggregatzustand wechseln (z. B. der Faserstoff bei seiner Gerinnung an der Luft, das Casein bei Berührung mit Lab etc.), ist hier besonders hervorzuheben, dass sie beim Uebergang aus dem flüssigen in den festen Zustand fast stets amorph, und nur sehr selten krystallinisch auftreten. Dieser auffallende Mangel an Krystallisations-Neigung steht mit ihrem ausgezeichneten Imbibitionsvermögen und mit ihrer Fähigkeit, die abgerundeten Formen der organischen Gewebe zu bilden, im engsten Zusammenhang. Ihre ausserordentlich bedeutende Quellungsfähigkeit ist durch eine enorme Adhäsions-Verwandtschaft der Eiweiss-Moleküle zum Wasser bedingt, mittelst deren sie grosse Quantitäten desselben in ihre Intermolekularräume aufzunehmen und zu condensiren im Stande sind. Durch diese Imbibition wird ihr Volum ebenso vergrössert, als ihre Cohäsion vermindert; auch die grosse Leichtigkeit, mit der die Eiweisskörper unter wenig verschiedenen Verhältnissen ihre Imbibitions-Fähigkeit bedeutend ändern, ist bemerkenswerth und für ihre plastische Thätigkeit von grosser Bedeutung.

Welche unendliche Mannichfaltigkeit in der feineren Zusammensetzung der Eiweissstoffe herrscht, welcher unendlichen Modificationen ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften fähig sind, beweist der unerschöpfliche Reichthum verschiedenartiger Gestalten, die in Form von Thieren, Protisten und Pflanzen unsern Erdball bevölkern. Alle diese unendlichen Verschiedenheiten der Organismen in Grösse und Form, gröberer und feinerer Zusammensetzung, Consistenz und Dichtigkeit, Farbe und Glanz, Geschmack und Geruch, kurz alle die unermessliche Mannichfaltigkeit in den verschiedensten sinnlich wahrnehmbaren Eigenschaften der organischen Körper, welche unsere Sinne erregen und ergötzen, ist zurückzuführen auf ebenso unendlich zahlreiche und feine Verschiedenheiten in der atomistischen Constitution der Eiweiss-Verbindungen, welche das Plasma der Plastiden zusammensetzen.

Wenn wir uns einerseits dieser Thatsache nicht verschliessen können, so müssen wir andererseits unsere gänzliche Unfähigkeit eingestehen, dem Plasma auf seinem formbildenden Wege folgen zu können. Die geringe Quantität, in der das Plasma auch in den grössten Zellen auftritt, die Unmöglichkeit, dasselbe rein zu isoliren oder in grösseren Mengen zusammenzuhäufen, haben uns in den meisten Fällen entweder gar keine oder

doch nur sehr geringe Differenzen in der chemisch-physikalischen Beschaffenheit des Plasma der verschiedenen Plastiden wirklich wahrnehmen lassen, obwohl ihre verschiedenen physiologischen Fähigkeiten davon beredtes Zeugniss ablegen. Im Allgemeinen lässt sich eben nur aussagen, dass das Plasma gewöhnlich als ein festflüssiger Eiweisskörper von der Consistenz eines zähen, klebrigen, fadenziehenden Schleimes auftritt, der sich im Wasser nicht auflöst und durch den Zutritt von Wasser allein schon in vielen Fällen gerinnt.

B. Nucleus. (Cytoblastus.) Zellkern.

Als derjenige wesentliche Formbestandtheil, welcher die organische Zelle als solche characterisirt und von der Cytode oder kernlosen Plastide unterscheidet, ist der Nucleus oder Zellkern von besonderem Interesse. Gleich dem Plasma aller Plastiden ist auch der Nucleus aller Zellen stets aus einer Eiweiss-Verbindung gebildet, welche durch geringe physikalisch-chemische Differenzen sich von der des Plasma unterscheidet.

Bei den meisten thierischen Zellen ist der Nucleus während der ganzen Zeit ihres Lebens nachzuweisen, während er dagegen bei vielen Pflanzenzellen (z. B. Holz- und Gefässzellen) nur in ihrer Jugend existirt und späterhin verschwindet. Der Kern erscheint in den meisten Zellen als ein scharf umschriebener rundlicher Körper, weniger umfangreich als das Plasma, da ihn dieses gewöhnlich von allen Seiten umschliesst. In selteneren Fällen liegt in gewissen Hautzellen der Kern ganz peripherisch, so dass er nur auf der einen Seite vom Plasma, auf der anderen von der Membran begrenzt wird.

Im Gegensatze zum Plasma, welches durch Anpassung an die Aussenwelt die verschiedenartigsten Formen annehmen kann, zeigt der Kern allermeist eine sehr einfache und scharf umschriebene Form. Gewöhnlich ist er kugelig oder sphäroidal, bald mehr ellipsoid, bald mehr linsenförmig, seltener cylindrisch verlängert oder stäbchenförmig, sehr selten verästelt, sternförmig oder von complicirterer Form. Der Grenzcontour des Kerns gegen das umschliessende Plasma ist meist scharf und deutlich.

Betrachtet man die Zelle in ihren natürlichen Verhältnissen, mit Vermeidung alterirender Flüssigkeiten, so erscheint der Kern sehr häufig homogen und klar, und in seinem Lichtbrechungsvermögen wenig von dem Plasma verschieden. Oft erzeugt aber schon Wasserzusatz, und in den meisten Fällen bewirkt Zusatz von Essigsäure im Nucleus einen feinkörnigen Niederschlag, so dass derselbe sich als dunkel granulirter Körper scharf von dem umgebenden Protoplasma absetzt.

Ueber die Consistenz und den Bau des Zellenkerns findet man bei Botanikern und Zoologen die widersprechendsten Ansichten, die sich wohl grossentheils dadurch erklären werden, dass der Kern in verschiedenen

Zellen eine sehr verschiedene Beschaffenheit besitzt. Während die Meisten dem Kerne eine festere Beschaffenheit als dem Plasma zuschreiben und ihn als einen „leidlich festen", soliden, homogenen Körper ansehen, beschreiben ihn dagegen Andere als ein „Bläschen", aus fester Membran und flüssigem Inhalt gebildet, und in manchen Fällen wird er sogar als ein halbflüssiger „Eiweisstropfen" geschildert. In der That scheint der Cohäsionsgrad bei verschiedenen Kernen ausserordentlich verschieden zu sein. In sehr vielen Fällen ist der Nucleus ohne Zweifel weit fester und derber als das Plasma, und eine Differenz von Hülle und Inhalt dann nicht an ihm nachzuweisen, während in anderen Fällen, z. B. bei vielen Eiern, Furchungskugeln, Embryonalzellen, Nervenzellen und anderen Urzellen, der Kern als ein zartes, oft ziemlich dickwandiges und doppelt contourirtes Bläschen einen homogenen, eiweissartigen Inhalt zu umschliessen scheint, dessen Consistenz hinter derjenigen des Plasma zurückbleibt.

Sehr häufig bemerkt man in dem Kern, auch ohne Zusatz alterirender Flüssigkeiten, mehrere feine Körner (oft vielleicht Bläschen?) und ausserdem ein grösseres Korn oder Bläschen, welches sich in der Regel durch stärkere Lichtbrechung auszeichnet. Dieser kleine Körper, welcher entweder im Innern oder an der Peripherie des Nucleus liegt, wird als **Nucleolus** oder **Kernkörperchen** beschrieben. Bisweilen ist in diesem centralen Körper nochmals ein vierter scharf umschriebener kleiner Körper eingeschachtelt, der dann **Nucleolinus** oder **Kernpunkt** genannt werden kann (z. B. in manchen Eiern, Ganglienzellen etc.).

Die chemische Zusammensetzung des Zellkerns und der in ihm eingeschlossenen Körperchen, Nucleolus und Nucleolinus, ist oft schwierig zu ermitteln und in vielen Fällen unbekannt. Wahrscheinlich besteht derselbe aber immer aus einem vom Plasma etwas verschiedenen **Eiweisskörper**, sei es in festflüssigem, sei es in festem Aggregatzustande. In allen Fällen wo durch mikrochemische Reaction die chemische Constitution des Kerns zu ermitteln war, hat sich stets eine Eiweiss-Verbindung herausgestellt.

C. Plasma-Producte.

Da wir sämmtliche Plastiden, sowohl Cytoden als Zellen, als selbstständige Elementar-Organismen zu betrachten haben, die mindestens in ihrer Jugendzeit ein mehr oder minder unabhängiges Leben als morphologische Individuen führen, so sind dieselben natürlich der Lebensbewegung und damit einer Reihe von Veränderungen unterworfen, die wir als Functionen der Plastiden anzusehen haben, und die ihre Ernährung, ihre Fortpflanzung, und ihre Beziehungen zur Aussenwelt betreffen. Von diesen verschiedenen Lebensthätigkeiten der Plastiden sind für uns hier diejenigen zunächst von besonderem Interesse, die man gewöhnlich unter dem Namen der **Zellmetamorphose** zusammenfasst, und die sich auf die Veränderung der Grösse, Form, Consistenz und namentlich auf die Production von Theilen beziehen, welche vom Plasma und dem Kerne verschieden sind. Wir können diese Theile, welche als integrirende morphologische

Bestandtheile der metamorphosirten Plastiden erscheinen, und entweder in ihrem Inneren oder auf ihrer Oberfläche, aber immer mit dem Plasma räumlich verbunden (adhaerent) auftreten, allgemein als Producte des Plasma oder Producte der Plastiden bezeichnen.

Unter Producten der Plastiden oder des Plasma fassen wir demgemäss alle diejenigen Form-Bestandtheile der metamorphosirten Zelle vorhanden, welche von dem Plasma und dem Nucleus verschieden sind, mögen sie nun im Plasma eingeschlossen oder ausserhalb desselben liegen. Demnach gehören hierher alle diejenigen Theile, welche man gewöhnlich in der thierischen und pflanzlichen Zellenlehre mit folgenden Namen zu belegen pflegt: 1. die „Zellenmembranen"; 2. die „Intercellularsubstanzen"; 3. der „Zellsaft"; 4. der „Zellinhalt", und noch verschiedene andere Theile, welche logischer Weise unter eine der erwähnten Kategorieen sich einreihen lassen.

Sämmtliche Producte des Plasma, mögen dieselben innerhalb oder ausserhalb des metamorphosirten Plasma getroffen werden, entstehen entweder durch Differenzirung des Plasma oder durch Ausscheidung des Plasma. Der Unterschied zwischen beiden Entstehungsweisen der Plasmaproducte liegt darin, dass im ersteren Falle die Substanz des Plasma selbst sich verändert und in den neuen Körper übergeht, während im letzteren Falle der Plasmakörper selbst unverändert bleibt und nicht in die Substanz des Productes übergeht. Als eine reine Differenzirung des Plasma würden wir z. B. die Entstehung der quergestreiften aus der homogenen Muskelsubstanz, die Bildung gewisser eiweissartiger Intercellularsubstanzen, und überhaupt allgemein die Entstehung der heterogenen und specifischen Plasmakörper der Epithelzellen, Nervenzellen, Drüsenzellen etc. aus den indifferenten Plasmakörpern der homogenen und indifferenten Embryonal-Zellen aufzufassen haben. Dagegen würden wir als eine Ausscheidung des Plasma z. B. die Bildung der Cuticulae, (der Chitinhäute etc.) der Cellulose-Membranen und eines grossen Theils der Intercellularsubstanzen, ferner im Innern der Plastiden die Bildung vieler nicht eiweissartiger Stoffe, z. B. der Stärkemehlkörner und anderer Concretionen, der Krystalle etc. anzusehen haben.

So scharf sich aber auch der principielle Unterschied der beiderlei Plasma-Producte in der Theorie dahin aussprechen lässt, dass die Differenzirungsproducte aus der Substanz des sich verändernden Plasma selbst, die Ausscheidungsproducte durch Wirkung des Plasma nach aussen, Exsudation etc. entstehen, so schwierig ist es in der Praxis in den meisten Fällen zu sagen, wohin das eine oder das andere Product zu rechnen sei; und im Grunde genommen ist diese Unterscheidung nur eine rohe und oberflächliche, denn eigentlich ist

auch jede Ausscheidung mit einer Veränderung, d. h. Differenzirung der Substanz des Plasma, und umgekehrt jede Differenzirung mit einer Trennung bestimmter, weniger veränderter Plasmatheile von anderen mehr veränderten, d. h. Ausscheidung verbunden. In sehr vielen Fällen werden Ausscheidung und Differenzirung gleichmässig bei der Bildung des Productes zusammenwirken, oder in einer Weise verbunden, dass der Antheil des einen und des anderen Processes sehr schwierig zu bestimmen sein wird. Aus diesem Grunde betrachten wir hier die Producte der Differenzirung und Ausscheidung gemeinschaftlich als Plasma-Producte und unterscheiden nur zwischen äusseren, auf der Oberfläche des bleibenden Protaplasma gelegenen und inneren, innerhalb oder zwischen einzelnen Theilen des Plasma gelegenen Plasma-Producten.

Ca. Aeussere Plasma-Producte.

(„Zellenmembranen" und „Intercellularsubstanzen".)

Die übliche Trennung der äusseren Plasma-Producte in Zellenmembranen und Intercellularsubstanzen ist künstlich und nicht ohne Willkühr durchzuführen, wesshalb wir hier beiderlei Producte gemeinsam zu besprechen haben.

Die allgemeine Bedeutung der Membran der Plastiden hat in neuerer Zeit sehr an Wichtigkeit verloren, seitdem, wie oben schon angeführt wurde, der Beweis geführt worden ist, dass wir in allen Fällen, wo eine Plastide von einer Haut umschlossen ist, sowohl bei den kernhaltigen Zellen, als bei den kernlosen Cytoden, die Membran für ein secundäres Product des Plasma zu halten haben, nicht für einen primären und integrirenden Bestandtheil der Plastide als solcher. In der That sind jetzt so sichere und so zahlreiche Beispiele von Cytoden und von Zellen bekannt, die Zeit ihres Lebens nackt und membranlos bleiben, und von anderen Plastiden, die anfangs (bei ihrer Entstehung durch Theilung oder Keimbildung) nackt, später von einer Hülle oder Schale umgeben sind, dass an der Wahrheit der obigen Behauptung nicht mehr gezweifelt werden kann. Für die allgemeine biologische Auffassung der Zelle als Elementar-Organismus ist aber dieser Umstand von der grössten Wichtigkeit. Denn während man früher, wo die allgemeine Anwesenheit der Zellenmembran als eines das Plasma völlig umschliessenden Schlauches oder Sackes als allgemein gültiges Dogma die Zellentheorie beherrschte, der Membran meist eine hohe, oft selbst eine grössere physiologische Bedeutung als dem in ihr enthaltenen Plasma zuschrieb, gewöhnt man sich jetzt richtiger daran, das Plasma als das active, primär wirksame Element des Zellenlebens, und die Membran dagegen als passiven Bestandtheil, als das secundäre Product des ersteren, zu betrachten.

In sehr vielen Fällen existiren die nackten, hautlosen Plastiden sehr lange Zeit hindurch, und zwar gerade in der Jugendzeit, wo sie am thatkräftigsten und leistungsfähigsten sind, ohne alle Hülle, und umgeben sich erst mit einer solchen, wenn sie in den ruhigeren und passiveren Zustand des Alters übergehen. Insbesondere zeigt sich dieser Umstand darin, dass die Membran meist ganz vermisst wird, so lange die Zelle als Ganzes noch wächst und ihr Volum ausdehnt, und so lange sie sich noch durch Theilung vermehrt. Eine Plastide mit Membran (oder Lepoplastide) ist jedenfalls abgeschlossener gegen die Aussenwelt, als eine nackte hüllenlose Plastide ohne Membran (oder Gymnoplastide) deren Oberfläche unmittelbar mit ihrer Umgebung in Berührung steht und demgemäss mit derselben in weit energischere Wechselwirkung treten kann. Dieses Verhältniss ist besonders von Max Schultze betont worden, welcher die von einer Membran umschlossene Zelle sehr passend mit einem encystirten Infusorium vergleicht, und hinzufügt, dass die Bildung einer chemisch differenten Membran auf der Oberfläche des Protoplasma ein Zeichen beginnenden Rückschrittes sei, ein Zeichen herannahender Decrescenz, oder wenigstens eines Stadiums, auf welchem die Zelle in den ihr ursprünglich zukommenden Lebensthätigkeiten bereits eine bedeutende Einschränkung erleidet. (l. c. p. 21).

Die Zellenmembran fällt demnach in unserer Anschauung in eine Ordnung oder Kategorie zusammen mit den übrigen Theilen der Zelle, welche als Producte der Zelle auftreten, und sind namentlich nicht scharf zu trennen von einer anderen Reihe äusserer Plasma-Producte, nämlich von den Intercellular-Substanzen, denen man, besonders in der pflanzlichen Histologie, bei weitem nicht die Bedeutung, wie den Membranen zuerkannt hat. Zwar werden die Zellenmembranen und die Intercellular-Substanzen in der Regel, und namentlich von den Botanikern, als ganz verschiedene Dinge betrachtet; indess ist es in sehr vielen, und namentlich thierischen Geweben mit Sicherheit nachzuweisen, dass die Intercellularsubstanz aus verschmelzenden Membranen benachbarter Zellen hervorgeht. Dass beiderlei Substanzen in vielen Fällen von sehr verschiedener chemischer und physikalischer Beschaffenheit sind, spricht nicht dagegen, da die Zelle fähig ist, in verschiedenen Perioden ihres Lebens sehr verschiedene Stoffe abzuscheiden.

Die Membran der Plastiden, und zwar ebenso die Cytodenmembran, wie die Zellenmembran, entsteht entweder durch Differenzirung der äussersten Plasmaschicht der hautlosen nackten Plastiden, indem diese erhärtet und sich von den tieferen weicheren Schichten ablöst, oder sie entsteht durch Ausscheidung (Exsudation) einer besonderen Substanz, welche alsbald nach ihrem Austritt aus der Oberfläche des Plasma erhärtet,

nach Art der Cuticularbildungen. Wenn die Cytodenmembran oder Zellenmembran durch blosse Differenzirung der äussersten Plasmaschicht entsteht, kann die Substanz dieselbe chemische Beschaffenheit beibehalten, indem der Eiweissstoff des Plasma, wie dies bei den Proteinkörpern so leicht geschieht, gerinnt, aus dem flüssigen in den festen Aggregatzustand übergeht. Es ist dann also blos eine physikalische, keine chemische Differenz vorhanden, während diese in anderen Fällen mit der ersteren verbunden ist. Wenn dagegen die Membran einer Ausschwitzung des Plasma ihren Ursprung verdankt, die an der Oberfläche desselben sich verdichtet, so ist die Substanz der Membran meist von sehr verschiedener Natur. Bei der Mehrzahl der Pflanzenzellen, und ebenso bei den Mantelzellen der Tunicaten besteht sie dann aus Cellulose, bei vielen thierischen Zellen aus einer sehr consistenten, dem elastischen Gewebsstoff ähnlichen, stickstoffhaltigen Materie u. s. w. Sehr häufig erscheinen Zellenmembranen, welche eine ansehnlichere Dicke erreichen, deutlich aus concentrischen Schichten zusammengesetzt, die einer Periodicität der Exsudation ihren Ursprung verdanken. Dann ist meistens die innerste Schicht die jüngste und sehr häufig bleiben die Schichten von senkrecht darauf stehenden Porencanälen durchsetzt, durch welche eine freie Communication und ein leichter Stoffaustausch zwischen der Oberfläche des Plasma und der Umgebung unterhalten wird.

Von besonderem Interesse sind die partiellen Membranbildungen, welche nur einen Theil der Oberfläche des Plasma betreffen, während ein anderer Theil frei bleibt. Schon die letzterwähnte Bildung von Porencanälen gehört hierher, ferner das Offenbleiben eines einzigen grösseren Porencanals, den man dann als Ausführungsgang (bei den einzelligen Drüsen) oder als Einführungsgang, Micropyle (bei den Eiern) bezeichnet. Auch die Schale vieler Rhizopoden (Acyttarien) kann hierher gerechnet werden, indem sie z. B. bei den Polythalamien bald eine Oeffnung, bald mehrere, für den Austritt besonderer Fortsätze (Pseudopodien) des Plasma darbietet. Wenn eine ganze Summe von hautlosen Zellen, die in einer einzigen Schicht neben einander an der Oberfläche liegen, nun an dieser freien Seite eine Membran ausscheiden, so wird diese als Cuticula bezeichnet. Diese Cuticularbildungen können ebenso wie die vollständige Zellmembran, in vielfachen Schichten über einander liegen und von Porencanälen durchbohrt sein, wie es z. B. die mächtigen festen Chitindecken der Gliederthiere meistens sind. Aber auch Epithelien, die aus Hautzellen bestehen, können an ihrer Oberflächenseite noch eine besondere Cuticula ausscheiden, und die Substanz dieser Cuticula kann von derjenigen der Zellmembran verschieden sein, wie es z. B. bei den Pflanzen gewöhnlich der Fall ist. Bei den Flimmerzellen bleibt, falls dieselben eine Membran besitzen, die Haut an denjenigen Stellen durchbohrt, an welchen die Cilien, als Fortsätze des Plasma, hervortreten.

Durch diese partiellen Ausscheidungen, die man auch wohl Extracellularsubstanzen genannt hat, werden wir übergeführt zu den Intercellular-Substanzen, oder allgemeiner gesagt, den Interplastidar-Substanzen, welche in der thierischen Histologie eine so hervorragende Rolle spielen und durch ihre massenhafte Entwickelung namentlich die

Gewebsgruppe der Bindesubstanzen so sehr auszeichnen. Seit man diese Gewebe genauer zu untersuchen begonnen hat, spinnt sich ein endloser und durch die Unklarheit und Verworrenheit, mit der er geführt wird, höchst unerquicklicher Streit darüber fort, ob diese Intercellularsubstanzen, wie sie namentlich im Knochen, Knorpel, Bindegewebe, Schleimgewebe etc. so massig entwickelt sind, als Differenzirungsproducte des Plasma selbst, aus einer Metamorphose desselben hervorgegangen, oder vielmehr als Ausscheidungsproducte desselben, in die die Substanz des Plasma selbst nicht eingeht, zu betrachten sind. Nach dem, was wir oben bereits über die Unmöglichkeit einer scharfen Scheidung der Differenzirung und Secretion gesagt haben, erscheint der grosse Aufwand von Zeit, Mühe und Worten, den man an diese Frage gewendet hat, ziemlich überflüssig vergeudet. Auch das einseitige Bestreben, das hierbei die Meisten zeigten, indem sie entweder alle Intercellularsubstanzen nur als Differenzirungs- oder nur als Secretionsproducte gelten lassen wollten, hat eine einfache und naturgemässe Beantwortung dieser viel ventilirten Frage verhindert. Durch vergleichende Untersuchung der verschiedenen Intercellularsubstanzen bei niederen und höheren Thieren überzeugt man sich leicht, dass dieselben, ganz gleich der Zellmembran, im einen Falle fast nur durch Differenzirung, im andern Falle fast nur durch Ausscheidung aus dem Plasma entstehen, während dazwischen alle möglichen Uebergangsstufen zwischen beiden vorkommen, und oft Auscheidung und Differenzirung der oberflächlichen Plasmaschichten gleichmässig zur Ablagerung der Zwischensubstanz beitragen. Auch für die Lösung dieser Frage war das Dogma von der constanten Anwesenheit und Dauer der Zellmembran sehr hinderlich.

Die Ausscheidung der Intercellularsubstanzen geschieht ganz wie diejenige der geschichteten Zellenmembran, und in vielen Fällen kann man sich, z. B. bei verschiedenen Knorpelformen, davon überzeugen, dass die anfänglich vollkommen deutlich geschichteten und in ablösbare concentrische Schalen zu spaltenden Membranen späterhin in eine vollkommen homogene Zwischensubstanz übergehen. Ebenso können Porencanäle die geschichteten oder später homogenen Zwischensubstanzen ganz ebenso wie die geschichtete isolirbare Membran und die einseitigen geschichteten Cuticularbildungen durchsetzen. Die verästelten Canäle, welche die concentrischen Knochenlamellen durchsetzen und von fadenartigen, nackten Ausläufern des Plasma erfüllt sind, haben dieselbe Entstehung und dieselbe morphologische Bedeutung wie die Porencanäle der Cuticularbildungen, wie dies namentlich von Leydig nachgewiesen worden ist. Während diese Canäle bei den letzteren dem Verkehr des Plasma mit der Aussenwelt (der Perspiration etc.) dienen, vermitteln sie bei den ersteren, indem die Ausläufer und Plasma-Zweige der verschiedenen Zellen sich begegnen und verbinden, den Stoffverkehr der Zellen unter einander.

Wohl die merkwürdigsten von allen äusseren Plasmaproducten sind die äusserst zierlich gestalteten und formenreichen Anhänge, welche in Gestalt von Chitinfortsätzen (Schuppen, Haaren, Stacheln, Pinseln etc.) auf der Chitindecke der Gliederthiere auftreten und gleich dieser selbst Ausschwitzungen des Plasma sind. Sie verdienen desshalb eine besondere Er-

wähnung, weil sie zeigen, wie ausserordentlich weit die formbildende Kraft der kleinsten Theile der Plastiden, dieser wahrhaften „Bildnerinnen" der schönsten organischen Formen, reicht. Bekanntlich besitzen diese exsudirten Anhänge die zierlichste und complicirteste Structur, obwohl sie nicht, wie man früher glaubte, aus einzelnen Zellen zusammengesetzt sind.

Cb. Innere Plasma-Producte.
(„Zellsaft und Zellinhalt".)

Weit mannichfaltiger noch, als die formenreichen und auch chemisch sehr differenten Stoffe, welche die Plastiden nach aussen auf ihre Oberfläche, sei es durch Differenzirung, sei es durch Secretion, oder durch beide Processe vereinigt, abscheiden, sind diejenigen theils formlosen theils geformten Bestandtheile, welche man gewöhnlich als „Zelleninhalt" bezeichnet, und welche wir, da sie sämmtlich vom Plasma umschlossen sind, als innere Plasma-Producte zusammenfassen.

Wir können diese inneren Ablagerungen in der Substanz der Plastiden in flüssige und feste eintheilen, oder, da sich zwischen diesen beiden Aggregatzuständen gerade hier alle möglichen Uebergänge durch das „Festflüssige" hindurch finden, in formlose und geformte. Zu den formlosen inneren Plasma-Producten rechnen wir insbesondere den sogenannten „Zellsaft", ferner das flüssige Fett der Fettzellen etc. Unter den geformten inneren Plasma-Producten sind die Krystalle im Inneren der Plastiden, die Concretionen (z. B. Amylumkörner) die Pigmentkörner etc. oft von grosser Bedeutung.

Unter den formlosen inneren Plasmaproducten ist vor allem wegen seines oft sehr bedeutenden Volumens der sogenannte „Zellsaft" hervorzuheben, der namentlich in sehr vielen Pflanzenzellen den bei weitem grössten Theil des Zellvolums ausfüllt. Das Verhältniss dieses Zellsaftes zu dem Plasma wurde früherhin gewöhnlich der Art aufgefasst, dass man denselben als den wesentlichsten Theil des Zellinhalts betrachtete und dem Plasma daneben nur eine untergeordnete Bedeutung zuschrieb. Hierzu veranlasste namentlich das eigenthümliche Verhalten des Zellsaftes zu dem Plasma in sehr vielen grossen Pflanzenzellen. Das Plasma scheint hier nur als eine sehr dünne, körnige Schicht, die aber einen geschlossenen Sack darstellt, die Innenfläche der Cellulose-Membran auszukleiden, und diese wandständige Plasmaschicht, der sogenannte „Primordialschlauch", ist durch viele verzweigte Plasmafäden, welche von ihm ausgehen und den wässerigen Zellsaft durchziehen, verbunden mit einem gleichen, sehr viel kleineren Sacke, der als eine zarte Hülle den Nucleus unmittelbar umschliesst. Untersucht man die so gebildeten Zellen während ihres Lebens, so findet man die zähflüssige schleimartige Substanz des Plasma, die sich mit dem wässerigen Zellsaft nicht mischt, in einer schnelleren oder langsameren strömenden Bewegung, welche der activen Contractilität des Plasma ihren Ursprung

verdankt. Als die bekanntesten Beispiele, an denen sich diese „Strömungen“ des contractilen Plasma leicht demonstriren lassen, werden gewöhnlich die Zellen der Staubfädenhaare von *Tradescantia* angeführt. Dieselben sind in der gleichen Form an sehr vielen grossen Pflanzenzellen leicht wahrzunehmen, unter den thierischen Zellen besonders an den durch beträchtliche Grösse ausgezeichneten Knorpelzellen (z. B. an den Medusententakeln) und „Blasenzellen“ des blasigen Bindegewebes (z. B. der Crustaceen, Schnecken).

Diese eigenthümliche Vertheilung des Plasma, auf die man mit Recht grosses Gewicht gelegt hat, ist zurückzuführen auf die Fähigkeit des Plasma, Vacuolen zu bilden, d. h. wässerige Flüssigkeiten, Salzlösungen etc., mit denen sich seine eigene Substanz nicht mischt, in sein Inneres aufzunehmen und, ohne sich damit zu imbibiren, sie in Form von grösseren und kleineren Tropfen in seiner Substanz zu vertheilen. Dabei kann während des Durchtritts der wässerigen Flüssigkeit durch die äusseren Plasmaschichten hindurch die erstere durch unmittelbare Einwirkung der letzteren verändert werden, so dass nun die Flüssigkeitstropfen oder Vacuolen im Innern bereits als „innere Plasma-Producte“ erscheinen. Werden die Vacuolen gross und zahlreich, so fliessen sie im Innern der Plastide zu einem einzigen Körper zusammen, der fast die ganze geräumige Höhlung der Zellenmembran ausfüllt, so dass das Plasma, zurückgedrängt auf die Aussenfläche des Kerns und die Innenfläche der Membran, nur noch durch diese beiden Schichten repräsentirt wird, sowie durch die beide Schichten verbindenden, verästelten Plasmafäden, welche die Reste der ursprünglich die Vacuolen trennenden Plasmahäute sind. Wenn der Nucleus nicht im Innern der Plastide liegen bleibt, sondern sich an deren Peripherie begiebt, so kann zuletzt die ganze Plastide zu einer einzigen grossen blasenförmigen Vacuole ausgedehnt werden, in der nur eine ganz dünne, den Kern an irgend einer Stelle einschliessende Plasmaschicht, gleich einer dünnen Eiweissmembran, den grossen wässerigen Tropfen umgiebt.

Gleichwie die Plastide so durch Vacuolen-Bildung, durch Aufnahme wässeriger Zellflüssigkeit in das Innere des Plasma, zu einer dünnwandigen Plasmablase ausgedehnt werden kann, so kann dasselbe auch durch Production anderer Stoffe im Innern geschehen, z. B. von Fett. Die gewöhnlichen Fettzellen des Bindegewebes der Wirbelthiere sind derartige Plasmablasen, deren ganzes Innere von einer einzigen grossen Fettkugel, gewissermaassen einer Fett-Alveole, ausgefüllt wird, während in irgend einer Stelle der das Fett umhüllenden Plasmaschicht, die als eine besondere Membran erscheint, der Kern eingeschlossen bleibt.

Eine weitere Uebersicht aller der unendlich verschiedenartigen Stoffe, die im Innern des Plasma abgelagert werden können, hat für unsere Betrachtung hier weiter kein besonderes Interesse und es sollen blos einige von den wichtigsten derselben kurz namhaft gemacht werden. Unter den geformten inneren Plasma-Producten sind von besonderem Interesse die Krystalle, theils von organischen, theils von anorganischen Salzen, von Fetten, gewissen Eiweissstoffen etc., die nicht selten im Plasma gebildet werden. Sehr wichtig sind ferner die verschiedenartigen Concretionen,

welche namentlich in der Pflanzenzelle (z. B. als Amylumkörner) auftreten, und durch ihre deutliche concentrische Schichtung ihre allmählige Entstehung als Absatz um kleine Bildungscentra beweisen. Die meisten der im Plasma eingebetteten geformten Körper, die wir als innere Plasma-Producte bezeichnen können, sind noch sehr wenig bekannt, so z. B. die verschiedenen Pigmente, die eiweissartigen Körner, welche in dem Plasma sehr verbreitet sind etc.

Eine besondere Erwähnung verdienen hier noch die Nesselkapseln, insbesondere der Coelenteraten, welche wohl zu den complicirtesten und künstlichsten Producten gehören dürften, die das Plasma der einzelnen Zellen in seinem Inneren bildet. Dieselben bestehen aus einer im Plasma gelegenen hartwandigen Kapsel, welche an einer Stelle eine Oeffnung hat. An dieser ist ein sehr langer, oft complicirt gebauter und mit Widerhaken versehener Faden befestigt, welcher spiralig im Innern der Kapsel aufgerollt liegt. Das Plasma der Zelle umgiebt die Kapsel als eine dünne Schicht, in welcher an einer Stelle der Kern eingebettet ist. Wird die Nesselzelle berührt, so springt der elastische Faden aus der Kapsel heraus und mit ihm entleert sich die giftige Flüssigkeit, die im Innern der Kapsel eingeschlossen war.

D. Plasma und Nucleus als active Zellsubstanz.

Wir haben im Vorhergehenden die Plasma-Producte lediglich als passive Erzeugnisse des Plasma, ohne Rücksicht auf den Kern betrachtet, und es erscheint dies gerechtfertigt, nach dem, was wir vom Verhältniss des Kerns zum Plasma wissen. Da dieses Verhältniss, obwohl noch sehr dunkel, doch von der grössten Wichtigkeit und namentlich für unsere Betrachtung der Plastiden als morphologischer Individuen von besonderem Interesse ist, so möge es gestattet sein, hier mit wenigen Worten unsere Auffassung desselben zu erläutern.

Im Allgemeinen können wir bei allen Plastiden das Plasma als die active, formende Substanz oder Keimsubstanz (*„germinal matter“* Beale's) und die Plasma-Producte entsprechend als die passive, geformte Substanz (*„formed matter“* Beale's) bezeichnen. Bei den Zellen, wo neben dem Plasma auch noch der Kern als active Materie wirksam ist, haben wir Kern und Plasma zusammen als formende Substanz aufzufassen. Allerdings ist der Kern, seinem ersten Ursprunge nach, als Differenzirungs-Product des Plasma zu betrachten, aber in dem Sinne, dass nunmehr Plasma und Kern als coordinirte Theile, gewissermaassen als verschiedene Organe gleichen Ranges, neben einander stehen, und differente Functionen vollziehen.

Wenn wir, wie späterhin gezeigt werden wird, die Form jedes Organismus als das Product aus zwei verschiedenen Factoren, nämlich aus den ererbten Eigenschaften seiner Materie und aus der Anpassung an die Verhältnisse der Aussenwelt zu betrachten haben, so müssen wir dieses Gesetz auch auf die Beurtheilung der Elementar-

Organismen, der Plastiden anwenden können. Hier scheinen nun die beiden Functionen der Erblichkeit und der Anpassung bei den kernlosen Cytoden noch nicht auf differente Substanzen vertheilt zu sein, sondern der gesammten homogenen Materie des Plasma zu inhäriren, während dieselben bei den kernführenden Zellen in der Weise auf die beiden heterogenen activen Substanzen der Zelle vertheilt sind, dass der innere Kern die Vererbung der erblichen Charactere, das äussere Plasma dagegen die Anpassung, die Accommodation oder Adaptation an die Verhältnisse der Aussenwelt zu besorgen hat.

Für diese Auffassung dürfte auch namentlich die bedeutende Rolle sprechen, welche der Kern allgemein bei der Fortpflanzung der Zellen spielt. Fast immer geht der Theilung des Plasma die Theilung des Zellenkerns vorher und die beiden so entstandenen Kerne wirken nun als selbstständige Attractionscentra, um welche sich die Substanz des Plasma sammelt. Das Plasma dagegen ist von grösserer Bedeutung für die Ernährung der Zelle. Ihm scheint bei der Zellenvermehrung eine mehr passive Rolle zugetheilt zu sein, und seine Hauptaufgabe scheint in der Zuführung des Nahrungs-Materials zum Kerne, und in der Vermittlung des Verkehrs der Zelle mit der Aussenwelt zu liegen. Wenn wir demgemäss das Plasma vorzugsweise als den nutritiven, den Nucleus dagegen vorzugsweise als den reproductiven Bestandtheil der Zelle ansehen können, und wenn wir dazu den im fünften Buche nachgewiesenen Zusammenhang einerseits zwischen der Ernährung und Anpassung, andererseits zwischen der Fortpflanzung und Erblichkeit in Erwägung ziehen, so werden wir mit Recht den Kern der Zellen als das hauptsächliche Organ der Vererbung, das Plasma als das hauptsächliche Organ der Anpassung betrachten können. Bei den Cytoden, wo Kern und Plasma noch nicht differenzirt sind, werden wir das gesammte Plasma als das gemeinsame Organ beider Functionen zu betrachten haben.

Hieraus ergiebt sich, dass der Kern nicht bloss als ein Reservekörper für das Plasma zu betrachten ist, wie diese Auffassung namentlich von Beale neuerdings vertreten worden ist. Gewiss ist es ein grosses Verdienst von Beale, die activen Theile der Gewebe (als *„germinal matter“* oder Keimsubstanz) als die eigentlich lebenden und bildenden Elementar-Organismen, scharf von den passiven Theilen (der *„formed matter“*, oder geformten Substanz) getrennt zu haben. Auch ist es gewiss sehr richtig, wenn er die Zellmembran und die Intercellularsubstanzen lediglich als geformte Substanzen und das Plasma nebst Kern vorzugsweise als bildende Substanz auffasst. Dagegen geht er wohl zu weit, wenn er das Plasma stets in demselben Grade, als es äusserlich durch Bildung anderer Stoffe abgenutzt, aufgebraucht wird, von innen her, durch Auflösung der äussern Kernschichten, ersetzt

werden lässt. Plasma und Kern sind mindestens in vielen Fällen doch wohl als wesentlich heterogene Plastiden-Theile zu betrachten und dem Kern vorzugsweise (wenn auch nicht allein) die Fortpflanzung und damit die Vererbung der erblichen Eigenschaften der Zelle, dem Plasma dagegen vorzugsweise die Ernährung und damit zugleich die Anpassung derselben an die Umgebung, zuzuschreiben.

II. Morphologische Individuen zweiter Ordnung: Organe oder Werkstücke.

II. 1. Morphologischer Begriff des Organes.

Die physiologische Individualität des Organismus bleibt bei zahlreichen niederen Organismen, sehr vielen Protisten, den einzelligen Pflanzen, und den einzelligen Stammformen der Thiere auf die morphologische Individualität erster Ordnung, auf die Plastide beschränkt, ohne sich jemals auf eine höhere Stufe zu erheben. Sobald in diesen Fällen eine Vermehrung der Plastiden durch Theilung eintritt, ist damit zugleich eine Vermehrung der physiologischen Individuen gegeben, die als selbstständige Lebenseinheiten eine unabhängige Existenz führen.

Bei der grossen Mehrzahl derjenigen Lebewesen, welche gegenwärtig die Erde bevölkern, erhebt sich die physiologische Individualität über den Rang der einfachen Plastiden, der Form-Individuen erster Ordnung, indem mehrere Plastiden zu einem geselligen Verbande zusammentreten, der nun als eine höhere physiologische Einheit in das Leben tritt. Es entstehen dadurch die verschiedenen morphologischen Individuen höherer Ordnung, welche wir oben als Organe, Antimeren, Metameren, Personen und Stöcke unterschieden haben.

Die wesentlichsten und obersten Gesetze, welche diese Vereinigung der einfachen Form-Individuen erster Ordnung zu zusammengesetzten leiten, sind die Gesetze der Aggregation oder Gemeindebildung und der Differenzirung oder Arbeitstheilung. Zunächst tritt eine Mehrzahl von gleichartigen Plastiden zu einer einfachen, aus homogenen Elementen bestehenden Gesellschaft zusammen. Die Erhöhung der Leistungsfähigkeit, die physiologische Vervollkommnung, welche diese Gemeinde von gleichartigen Plastiden als höhere Einheit auszeichnet, besteht zunächst bloss in einem quantitativen Zuwachs der Kräfte. Mehrere gleiche Individuen vereinigt vermögen mehr Kraft zu entwickeln, als ein einziges allein. Allmählig aber geht aus dieser quantitativen Vervollkommnung durch Aggregation die viel wichtigere qualitative Vervollkommnung durch Differenzirung hervor. Es treten nämlich zunächst sehr geringe, bald aber be-

deutendere Unterschiede zwischen den ursprünglich gleichartigen Plastiden auf, welche endlich zu einer vollständigen Arbeitstheilung führen. Indem die einzelnen Cytoden oder Zellen ihre individuelle Selbstständigkeit dadurch mehr oder weniger aufgeben, und in die Dienste der höheren Einheit, des Plastidenstockes, treten, entwickeln sie bestimmte Eigenthümlichkeiten einseitig nach gewissen Richtungen hin und ergänzen und bedingen sich dadurch gegenseitig. Die nähere Erörterung dieser tectologischen Grundgesetze, nach denen aus einer Vielheit von einfachen Formindividuen erster Ordnung durch Aggregation und Differenzirung Individuen höherer Ordnung entstehen, bleibt dem elften Capitel vorbehalten.

Die Bezeichnungen, welche die verschiedenen Autoren diesen mannichfaltigen höheren Form-Individuen beilegen, die noch nicht den Rang der Person (des Individuums im gewöhnlichen, engeren Sinne) erreichen, sind sehr verschieden. Man nennt sie „höhere Elementartheile, Gewebe, Organe, Systeme, Apparate“ u. s. w., indem man bald mehr an die morphologische, bald mehr an die physiologische Individualität derselben denkt. Eine consequente Unterscheidung und klare Eintheilung derselben ist aber noch kaum versucht und auch nur sehr schwierig durch die ganze bunte Organismen-Welt hindurch auszuführen. Am meisten haben sich mit dieser Aufgabe die Anthropotomen beschäftigt, denen aber gewöhnlich der Ueberblick über die vielfach verschiedenen einfacheren Organismen zu sehr abgeht, um aus ihrer genauen Kenntniss der organischen Zusammensetzung des menschlichen Körpers eine allgemein anwendbare Classification der Organe verschiedener Ordnung für alle Organismen ableiten zu können. In der Regel findet man die Angabe, dass der menschliche Körper (und überhaupt der Wirbelthier-Organismus) zusammengesetzt sei aus vier verschiedenen, über einander stehenden morphologischen Einheiten, nämlich 1. Apparaten, 2. Systemen, 3. Organen, und diese letzteren endlich 4. aus den höheren und niederen Elementartheilen (Geweben der Zellen). Wir glauben, dass man alle diese verschiedenen Theil-Kategorieen am besten unter dem gemeinsamen Namen der **Organe** zusammenfasst, und unter diesen Organe verschiedener Ordnungen oder Stufen unterscheidet.

Der Begriff des **Organes** oder „Werktheiles, Werkzeuges“ ist ursprünglich ein rein physiologischer und es bedarf daher einer Rechtfertigung, wenn wir denselben zur Bezeichnung der morphologischen Individualität zweiter Ordnung verwenden. Diese Rechtfertigung liegt zunächst schon darin, dass die Leistungen jedes Werkzeuges nur zum Theile durch chemisch-physikalische Eigenschaften, zum Theile aber zugleich, und sehr oft zum grössten Theile, durch seine Form und durch die der äusseren Form zu Grunde liegende innere Structur oder

Zusammensetzung aus mehreren Formen bedingt ist. Für die Werkzeuge des Lebens, die wir im engeren Sinne „Organe" nennen, gilt dies um so mehr, da sie meistens ungleich complicirtere Form- und Structur-Verhältnisse zeigen, als die feinsten Organe oder Maschinen, die wir künstlich zu construiren im Stande sind. Auf diese Zusammensetzung des Organs aus einer Mehrzahl von untergeordneten Formeinheiten gründete Victor Carus seine morphologische Characteristik des Organs als einer „Summe bestimmter Elementartheile oder Gewebe in constanter Verbindung und Form." Diese Definition ist aber zu allgemein, weil sie eben so gut auf die Form-Individuen dritter bis bis sechster Ordnung passt. Diese letzteren, sowie auch den Begriff des Gewebes müssen wir ausschliessen und den Ausdruck Elementartheil durch den bestimmten morphologischen Begriff der „Plastide" ersetzen, andererseits den einheitlichen Character des Organs als eines Ganzen hervorheben.

Der morphologische Begriff des Organs im Allgemeinen lässt sich nach dieser unserer Auffassung feststellen als „eine constante einheitliche Raumgrösse von bestimmter Form, welche aus einer Summe von mehreren bestimmten Plastiden (entweder von Cytoden oder von Zellen, oder von Beiden), in constanter Verbindung zusammengesetzt ist, und welche nicht die positiven Charactere der Form-Individuen dritter bis sechster Ordnung erkennen lässt." Diese morphologische Definition des Organs mag insbesondere ihres theilweise negativen Inhalts wegen sehr mangelhaft erscheinen, wird aber bei der ausserordentlichen Verschiedenartigkeit der verschiedenen Organe nicht leicht durch eine bessere allgemein anwendbare zu ersetzen sein.

II. 2. Eintheilung der Organe in verschiedene Ordnungen.

Nachdem wir den morphologischen Begriff des Organs festgestellt haben, müssen wir, um wenigstens eine allgemeine Uebersicht über die unendlich mannichfaltige Zusammensetzungs-Weise desselben zu gewinnen, den Versuch wagen, nach dem höheren oder geringeren Grade ihrer Zusammensetzung verschiedene Ordnungen von Organen zu unterscheiden. Allerdings ist dieser Versuch sehr schwierig, da man die morphologischen Einheiten verschiedenen Ranges, welche sich aus Vielheiten von Plastiden zu Organen verschiedener Ordnung aufbauen, in den mannichfaltigen Gruppen der Organismen nach ganz verschiedenen Gesichtspunkten beurtheilt hat. Daher herrscht in den allgemeinen Ansichten, welche hierüber in den Einleitungen zu histologischen und anatomischen Handbüchern gegeben werden, grosse Unklarheit, und es ist bekannt, dass in dem Capitel von der sogenannten „Classification der Gewebe und Organe" die seltsamsten und widersprechendsten Ansichten zu Tage kommen. Wenn wir unter

möglichst allgemeiner Berücksichtigung aller Organismen die Organe nach ihrem geringeren oder höheren Grade von Complication in mehrere Kategorieen zu ordnen versuchen, so können wir folgende fünf Ordnungen von Organen unterscheiden: 1. Zellenfusionen oder Cytocormen. 2. Einfache oder homoplastische Organe. 3. Zusammengesetzte oder heteroplastische Organe. 4. Organ-Systeme. 5. Organ-Apparate.

Gewöhnlich gestaltet sich die Lehre vom Aufbau des Organismus (insbesondere des menschlichen) zu folgendem Satze: Die Zellen gruppiren sich zur Bildung von Geweben, entweder durch einfache Aggregation oder nachdem sie sich bereits zu „höheren Elementartheilen“, z. B. Zellnetzen, Muskel- und Nerven-Röhren etc.) vereinigt haben; aus den Geweben setzen sich die Organe zusammen; die Organe treten zur Bildung von Systemen oder von Apparaten zusammen, wobei man unter letzterem Namen meist eine physiologische, unter ersterem eine morphologische Einheit von mehreren Organen versteht. So sagt z. B Kölliker in seinem vielverbreiteten Handbuch der Gewebelehre des Menschen: „Die Elementartheile einfacher und höherer Art sind nicht regellos im Körper zerstreut, sondern nach bestimmten Gesetzen zu den sogenannten Geweben und Organen vereint. Mit dem ersten Namen bezeichnet man jede gesetzmässige, in gleichen Theilen immer in derselben Weise wiederkehrende Anordnung der Elementartheile, mit dem eines Organes dagegen eine gewisse Zahl von Elementartheilen von bestimmter Form und Verrichtung. Vereinen sich mehrere oder viele Organe gleicher oder verschiedener Art zu einer höheren Einheit, so heisst dies ein System.“ Die Organe werden dann weiter in einfache und zusammengesetzte eingetheilt, je nachdem sie nur aus einem einzigen oder aus mehreren Geweben zusammengesetzt sind.[1])

Am schärfsten sind diese Organe verschiedener Ordnung von Victor Carus unterschieden und characterisirt worden, welcher den zusammengesetzten Organismus sich ebenfalls aus Geweben, Organen und Systemen aufbauen lässt. Er versteht unter Geweben „die an verschiedenen Stellen

[1]) Kölliker (Gewebelehre) unterscheidet vier verschiedene Hauptformen von Geweben: I. Zellengewebe (1. Oberhaut, 2. Aechte Drüsen), II. Gewebe der Bindesubstanz (1. Einfache Bindesubstanz, 2. Knorpel, 3. Faserige Bindesubstanz (Bindegewebe und elastisches Gewebe), 4. Knochen und Zahnbein, III. Muskelgewebe (1. Glatte Muskeln, 2. Quergestreifte Muskeln), IV. Nervengewebe. Die aus diesen Geweben zusammengesetzten Organe werden von Kölliker folgendermaassen classificirt: A. Einfache Organe: I. Organe des Zellengewebes (1. Oberhäute, Haare, Nägel, Linse, 2. Einfache Drüsen ohne Bindegewebshülle), II. Organe der Bindesubstanz (1. Glaskörper, 2. Chorda dorsalis, gefässloser Knorpel, elastischer Knorpel, 3. Sehnen, Bänder, Fascien etc.), B. Zusammengesetzte Organe: III. Organe mit Vorwiegen des Zellengewebes (Grössere ächte Drüsen), IV. Organe mit Vorwiegen der Bindesubstanz (1. Gefässhaltige Bindegewebshäute, 2. Knochen, Zähne, 3. Gefässe, 4. Blutgefässdrüsen), V. Organe mit Vorwiegen des Muskelgewebes (glatte und quergestreifte Muskeln), VI. Organe mit Vorwiegen des Nervengewebes (Ganglien, Nerven, Hirn, Mark), VII. Organe, in denen alle Gewebe vertreten sind (1. die einzelnen Organe des Darmes, der Geschlechtsorgane und der grösseren Drüsen, 2. höhere Sinnesorgane.

des Thierkörpers auftretenden, durch gleiche Form und gleiche Verbindung der in ihre Zusammensetzung eingehenden Elementartheile characterisirten näheren Formbestandtheile der Organe und Systeme", und unterscheidet „einfache Gewebe, welche nicht durch eine Vereinigung mehrerer gebildet sind" und „zusammengesetzte Gewebe, welche ausser eigenthümlichen Elementen noch einzelne oder mehrere der einfachen enthalten (Muskel-, Nerven- und Drüsen-Gewebe)". Nach dieser Definition sind aber die „Gewebe" (ebenso wie nach der von Kölliker gegebenen) nicht von den „Organen" zu unterscheiden, welche nach Carus nur „eine Summe bestimmter Elementartheile oder Gewebe in constanter Verbindung und Form" sind. Carus unterscheidet dann zwar weiter unter den Organen „einfache Organe, welche von einem einzigen Gewebe gebildet werden oder andere Elemente nur mehr zufällig beigemengt enthalten" und „zusammengesetzte Organe", welche aus der Vereinigung mehrerer Gewebe entstehen. Indess ist nicht einzusehen, wodurch sich die „einfachen Organe" von den „einfachen Geweben" dann eigentlich unterscheiden.

Noch weniger allgemein anwendbar, und noch reicher an Widersprüchen und mangelhafter Bestimmung als diese Classification der Gewebe und Organe ist diejenige der „Organ-Complexe" höherer Ordnung, welche man gewöhnlich entweder als „Systeme" oder als „Apparate" zusammenfasst, auch wohl diese beiden Namen häufig, ohne sich etwas Bestimmtes dabei zu denken, vermischt gebraucht. Allerdings kann man den Ausdruck Organ-System zur Bezeichnung eines Organ-Complexes höherer (vierter) Ordnung beibehalten. Er muss dann aber ausschliesslich in seinem ursprünglichen morphologischen Sinne zur Bezeichnung eines continuirlich zusammenhängenden Organcomplexes gebraucht werden, in dem ein einziges Gewebe, d. h. eine einzige Art von Zellen oder von Zellenstöcken ganz vorwiegend als wesentlicher Bestandtheil auftritt, wie dies z. B. beim Nervensystem, beim Muskelsystem, beim System der äusseren Hautdecken und ihrer Anhänge der Fall ist. Anders verhält es sich mit dem Ausdruck Organ-Apparat, welcher ursprünglich und auch gewöhnlich in mehr physiologischem Sinne gebraucht wird, zur Bezeichnung eines (oft sehr verschiedenartig zusammengesetzten, räumlich getrennten und discontinuirlichen) Organcomplexes, der blos durch das gemeinsame Kriterium der gleichen Function verbunden erscheint, wie z. B. der Bewegungs-Apparat, der Ernährungs-Apparat. Freilich werden in dem Begriffe des Organ-Apparates, wie es auch bei den meisten anderen derartigen allgemeinen Begriffsbildungen so oft stattfindet, physiologische und morphologische Vorstellungen in mehr oder weniger unklarer Weise vermischt angewendet, und es gelingt daher nur schwer, befriedigende Definitionen dieser höheren Organ-Einheiten aufzustellen. Jedoch kann man den Begriff des Organ-Apparates auch zur Bezeichnung eines rein morphologischen Organ-Complexes beibehalten; eines solchen einheitlich abgeschlossenen Ganzen nämlich, welches aus mehreren verschiedenen einfachen und zusammengesetzten Organen aufgebaut ist, in welchem aber nicht, wie beim Organ-System, eine einzige Plastiden-Art oder eine einzige Gewebs-Form über die übrigen das volle Uebergewicht hat; z. B. der Bewegungs-Apparat der

Wirbelthiere, bei welchem Knochensystem und Muskelsystem gleichmässig stark betheiligt sind.

Wir würden also als einen höchsten Organ-Complex oder als ein Organ höchster (fünfter) Ordnung den Organ-Apparat, und als einen nächst tieferen Complex (als Organ vierter Ordnung) das Organ-System hinstellen können. Als zwei nächst niedere Ordnungen würden wir ferner zu betrachten haben solche Organe, welche aus mehreren verschiedenen Plastiden-Arten (Geweben), und solche, welche nur aus einer einzigen Plastiden-Art (einem einzigen Gewebe) zusammengesetzt sind. Erstere würden als zusammengesetzte oder heteroplastische Organe eine dritte Ordnung, letztere als einfache oder homoplastische Organe (identisch mit den einfachen Geweben) eine zweite Ordnung von Organen constituiren. Endlich würde die tiefste Stufe oder die erste Ordnung der Organe von den Zellfusionen oder Cytocormen (den sogenannten „höheren Elementartheilen") gebildet werden.

Was die Gewebe betrifft, so scheinen uns dieselben nicht als besondere morphologische Einheiten aufgeführt werden zu können, welche man, wie es häufig geschieht, zwischen die Plastiden und die Organe einschieben möchte. Vielmehr fällt der Begriff des Gewebes, da wo dasselbe eine bestimmte morphologische Einheit repräsentirt, also einen Plastiden-Complex der eine bestimmt umschriebene Form besitzt, zusammen mit dem Begriff des einfachen Organs. Dies wird alsbald klar, wenn wir die beiden oben angeführten Definitionen vom Gewebe und vom einfachen Organ genau vergleichen. Der Ausdruck „Gewebe" soll zunächst weiter Nichts bedeuten, als eine Vielheit von gleichen, gesellig verbundenen Plastiden, wobei man gewöhnlich gleichzeitig an die physiologischen Leistungen dieses Zellen-Complexes und an die morphologischen Eigenthümlichkeiten denkt welche durch die Form, Lagerung und Verbindung der constituirenden Gewebs-Elemente bedingt sind. Das Gewebe an sich hat aber keine Form, ist räumlich vollkommen unbegrenzt und kann in keinem Falle als eine morphologische Individualität aufgefasst werden. Sobald ein einfaches, aus Zellen von einerlei Art gebildetes Gewebe als ein einheitlicher Körper von bestimmter Form und Grösse auftritt, wird dasselbe zum „einfachen Organ", wie z. B. in der Linse, in den Knorpeln, in den Moosblättern etc. Wir können daher den Unterschied zwischen einfachem Gewebe und einfachem Organ nur darin finden, dass das letztere als ein Körper von bestimmter Form und Grösse auftritt, während das erstere lediglich eine Vielheit von eng verbundenen Plastiden von einerlei Art bezeichnet, und die Art und Weise, in welcher diese Plastiden verbunden sind. Wenn wir von der Verschiedenheit der Gewebe sprechen, so meinen wir im Grunde nur die Verschiedenheiten, welche sich in Form, Grösse und Verbindungsweise der einzelnen Plastiden aussprechen und die sogenannte Classification der Gewebe ist dann weiter Nichts als eine Classification der verschiedenen Arten von Plastiden. Das „Gewebe" ist gewissermaassen die „Species" der verschiedenen Plastiden-Formen. Wenn wir dagegen die Formen betrachten, welche durch die Verbindung der Plastiden von einerlei Art entstehen, so handeln wir bereits von den einfachen Organen.

Eine eigenthümliche Stellung und eine besondere (erste) Ordnung müssen wir hier noch den sogenannten „höheren Elementartheilen“ einräumen, welche man gewöhnlich den „einfachen Zellen“ gegenüberstellt. Dieselben werden von Kölliker bezeichnet „als Formen, bei denen eine ganze Summe von Zellen zur Bildung einer höheren Einheit verbunden ist“[1]) Offenbar ist aber auch diese Definition wieder nicht von derjenigen des „einfachen Organs“ zu unterscheiden und bedarf einer wesentlichen Beschränkung. Als höhere Elementartheile werden theils wirkliche höhere morphologische Einheiten von einer bestimmten Form und Grösse bezeichnet, die durch innige Verbindung oder sogenannte Verschmelzung von Zellen entstehen, wie z. B. die Muskelprimitivröhren, Nervenprimitivröhren, theils aber auch nur formlose Aggregate von Zellen, deren einzelne Zellen inniger (z. B. netzförmig) verbunden sind, als dies gewöhnlich bei der Gewebsbildung der Fall ist, wie z. B. die Zellnetze des Knochen-Gewebes. Diese letzteren (und es gehört hierher die Mehrzahl der sogenannten höheren Elementartheile) werden wir daher einfach als verschiedene Arten von Plastiden oder Individuen erster Ordnung zu betrachten haben, während dagegen die ersteren als bestimmte morphologische Einheiten bereits unter den Begriff der einfachsten Organe fallen. Es gehören dahin die Muskelprimitivfasern, die Nervenprimitivfasern der Thiere, ferner die sogenannten „Gefässe“ der Pflanzen, Milchsaftgefässe und Spiralgefässe, die letzteren allerdings meist sehr bald nach ihrer Entstehung absterbend, indem an die Stelle des verschmolzenen Plasma Luft in die Zellfusionen eintritt. Wir werden diese Zellfusionen, welche bald aus nicht vollständig erfolgter Trennung mehrerer gemeinsam entstandener Zellen (z. B. quergestreifte Muskeln) bald aus wirklicher Verschmelzung mehrerer vorher getrennter Zellen entstehen (z. B. Spiralgefässe der Pflanzen) allgemein als einfachste Organe erster Ordnung den vorher genannten „einfachen Organen“ (zweiter Ordnung) voranstellen und demnach im Allgemeinen folgende fünf Kategorieen von Organen verschiedenen Ranges unterscheiden können: Organe erster Ordnung: Zellfusionen (Zellenstöcke oder Cytocormen oder höhere Elementartheile). Organe zweiter Ordnung: Homoplasten (Einfache oder homoplastische Organe). Organe dritter Ordnung: Heteroplasten (Zusammengesetzte oder heteroplastische Organe). Organe vierter Ordnung: Organ-Systeme. Organe fünfter Ordnung: Organ-Apparate.

---

[1]) Die „höheren Elementartheile“ werden von Kölliker in zwei Abtheilungen gebracht: I. Höhere Elementartheile, welche die sie zusammensetzenden Zellen noch mehr oder weniger deutlich zeigen: 1. Zellennetze des Zellengewebes, 2. Zellennetze aus dem Gewebe der Bindesubstanzen, 3. Zellennetze aus der Abtheilung des Muskelgewebes, 4. Zellennetze aus dem Gewebe der Nerven. II. Höhere Elementartheile, deren Bildungszellen nicht mehr zu erkennen sind: 5. Kernlose Fasernetze des cytogenen Gewebes, 6. Fasernetze der quergestreiften Muskeln, 7. Fasern und Fasernetze des Nervengewebes, 8. Röhren und Röhrengeflechte der Blut- und Lymph-Capillaren, 9. Röhren und Röhrengeflechte der feinsten Tracheen der Wirbellosen.

A. Organe erster Ordnung:

Zellfusionen. (Zellenstöcke, Cytocormi, höhere Elementartheile.)

Die Organe, welche wir als einfachste morphologische Organe, also als Organe erster Ordnung ansehen, werden nur von einem kleinen Theile der sogenannten „höheren Elementartheile“ gebildet, nämlich von den sogenannten Muskelprimitivfasern und Nervenprimitivfasern der Thiere und von denjenigen sogenannten „mehrkernigen Zellen“, welche bleibend mehrere Kerne enthalten. Unter den Pflanzen sind entsprechende Bildungen als sogenannte „Gefässe“ (Milchsaftgefässe und Spiralgefässe) sehr allgemein verbreitet. Unter den Protisten entstehen Zellfusionen oft durch „Copulation“ (z. B. bei den Gregarinen).

Der eigenthümliche Character der Zellfusionen und ihr Unterschied von den einfachen Organen beruht darin, dass die Verbindung von mehreren Zellen einer Art an und für sich schon die Bildung eines einfachsten Organs, d. h. einer bestimmt geformten morphologischen Einheit bedingt. Die Form dieses Organs ist also unabhängig von gröberen morphologischen Verhältnissen des ganzen Organismus und das Organ in seinen Eigenthümlichkeiten wird lediglich durch die specifische Beschaffenheit der innig verbundenen Zellen bedingt.

Es muss hierbei ausdrücklich erinnert werden, dass wir unter einer Zelle nur einen Plasma-Klumpen mit **einem** Kerne verstehen können. Der häufig gebrauchte Ausdruck einer „**mehrkernigen Zelle**“ ist eine Contradictio in adjecto, da ja eben nur die Einheit des Kerns die individuelle Einheit der Zelle als eines Elementar-Organismus bedingt. Jeder Plasmaklumpen, der mehr als einen Kern umschliesst, möge er nun von einer Membran umhüllt sein oder nicht, ist eine Vielheit von Zellen, und wenn diese Vielheit eine bestimmte einheitliche Form besitzt, so haben wir sie als Zellenstock zu dem Range eines Organes erster Ordnung zu erheben. Die einzelne, d. h. einkernige Zelle, verhält sich zum Zellenstock oder der mehrkernigen Zelle ganz eben so wie ein einzelner Polyp zum ganzen Polypenstock. Und wie bei den letzteren häufig, z. B. bei den Maeandrinen, die einzelnen, aus fortgesetzter Theilung des einfachen Thiers hervorgehenden Polypen, so innig verbunden bleiben, dass die Grenzen der einzelnen Individuen nicht zu bestimmen sind, so ist dies auch oft bei den Zellenstöcken der Fall, welche entweder aus einer fortgesetzten unvollständigen Theilung einer einfachen Zelle oder aber aus einer wirklichen Verschmelzung vorher getrennter Zellen entstehen. Diese beiden verschiedenen Entstehungsweisen der Zellfusionen sind oft sehr schwer zu unterscheiden, z. B. bei vielen Primitivfasern oder Primitivröhren der Muskeln und Nerven, den Milchsaftgefässen der Pflanzen etc.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich bereits, dass wir „höhere Elementartheile“ nur von Zellen, d. h. von kernführenden Plastiden, nicht aber von Cytoden oder kernlosen Plastiden gebildet, wahrnehmen können. Denn wenn wir auch wirklich grössere Cytoden durch Verschmelzung mehrerer kleinerer entstehen sehen, (wie es z. B. bei den Plasmodien der Myxomyceten der Fall ist), so besitzen wir durchaus kein morphologisches Kriterium, um diesen Cytodencomplex als solchen erkennen und von den ursprünglich einfachen Cytoden derselben Art unterscheiden zu können. Bei den Zellstöcken dagegen, welche durch Verschmelzung mehrerer Zellen entstehen, ist ihr Ursprung so lange erkennbar, als die Kerne der verschmolzenen Zellen noch persistiren. Denn der Kern der Zelle bestimmt ihre Individualität.

Die häufigste Form, in welcher die Zellfusionen oder Zellenstöcke auftreten, ist die langgestreckte Form einer cylindrischen oder bandförmig abgeplatteten Röhre oder Faser. Solche Röhren oder Fasern sind die sogenannten Muskelprimitivbündel der quergestreiften Muskeln, welche besser als M u s k e l p r i m i t i v r ö h r e n oder M u s k e l p r i m i t i v f a s e r n bezeichnet werden. Der Zellenstock bildet hier ein sehr langgestrecktes, an beiden Enden zugespitztes cylindrisches Rohr, dessen zarte Hülle, das Sarcolemma oder die Primitivscheide, eine Ausscheidung der innig verbundenen membranlosen Zellen ist, welche dies Rohr ausfüllen. Das Plasma der verschmolzenen Zellen ist grossentheils zu der sogenannten „quergestreiften Masse“ contractiler Substanz differenzirt, d. h. in eine Menge von kubischen Körperchen (Muskelwürfeln) zerfallen, welche durch zwei verschiedene Zwischensubstanzen (Quer- und Längs-Bindemittel) der Quere nach zu „Discs“, der Länge nach zu „Fibrillen“ vereinigt werden.[1]) Die nicht differenzirten Reste des Protoplasma finden sich als eine feinkörnige weichere Masse theils zwischen den Würfeln, theils an der Innenfläche der von ihm ausgeschiedenen Primitivröhren, theils (und oft besonders reichlich) um die einzelnen Kerne angehäuft, welche als die Centralheerde der differenzirten Zellen persistiren. Die Zahl dieser Kerne bezeichnet die Zahl der Zellen, welche in der Bildung des Zellenstockes aufgegangen sind. Ganz ähnlich den Muskelprimitivröhren verhalten sich die N e r v e n p r i m i t i v r ö h r e n, deren Primitivscheide ebenfalls als Ausscheidung des Plasma der vereinigten Zellen zu betrachten ist. Das Plasma hat sich bei den dunkeln oder markhaltigen Nervenfasern in eine äussere (fettige) Markscheide und einen inneren (albuminosen) Axencylinder differenzirt. Die Kerne der vereinigten Zellen liegen meist an der Innenseite der Primitivscheide, zwischen ihr und dem Plasma. In diesen Fällen bleiben also die einzelnen Zellen des Stockes membranlos, während der ganze Stock oder die Fusion ein Membran (Primitivscheide) absondert.

---

[1]) Ueber die Verbindung der Muskelwürfel oder „sarcous elements“ durch zweierlei verschiedene Zwischensubstanzen (Quer- und Längs-Bindemittel) vergl. meinen Aufsatz über die Gewebe des Flusskrebses (Müllers Archiv 1857.)

Die einzigen Zellfusionen oder Zellstöcke, welche im Pflanzenreiche vorkommen und den Primitivröhren der zusammengesetzten thierischen Muskeln und Nerven entsprechen, sind (abgesehen von den bei niederen Pflanzen häufigen Copulationen von Zellen) die sogenannten „Gefässe" der höheren oder Gefässpflanzen (Gefäss-Cryptogamen und alle Phanerogamen). Sie zerfallen allgemein in „Milchsaftgefässe" und „Spiralgefässe", von denen die ersteren bleibend mit einem milchigen Safte, die letzteren bald nach ihrer Entstehung nur noch mit Luft gefüllt sind. Die Spiralgefässe der Pflanzen entstehen dadurch, dass an einer Reihe hinter einander gelegener Zellen die trennenden Zwischenwände resorbirt werden, so dass das Plasma der verschmolzenen Zellen unmittelbar sich vereinigt.

B. Organe zweiter Ordnung:

Einfache oder homoplastische Organe.

(Gleichartige Plastiden-Gemeinden oder homogene Plastiden-Complexe.)

Homoplasten. „Gewebe" im engsten Sinne.

Als eine zweite Ordnung von Organen betrachten wir diejenigen, welche von Vielen als einfache Gewebe, oder selbst als „Gewebe" schlechtweg, besser als „einfache Organe" bezeichnet werden, und welche man noch bestimmter „homoplastische Organe" nennen kann. Diese stimmen mit denen der ersten Ordnung, den Zellenstöcken darin überein, dass sie nur aus Plastiden von einerlei Art oder, wie man gewöhnlich sagt, aus einem einzigen Gewebe gebildet werden. Sie unterscheiden sich aber von den Cytocormen darin, dass die Form des Organs hier nicht zunächst durch die Verbindung der Plastiden selbst bedingt wird, sondern scheinbar unabhängig davon durch die Bau-Verhältnisse des ganzen Organismus, den sogenannten „Bauplan." Es können daher diese homoplastischen Organe in der verschiedensten Form auftreten, obgleich sie aus einer und derselben Zellenart gebildet sind, wie z. B. die verschiedenen Knorpel, die verschiedenen Moosblätter einer und derselben Species, — während die Cytocormen, die aus einerlei Art Zellen bestehen, allein schon wegen ihrer constanten Verbindungsweise bei einer und derselben Species an den verschiedensten Orten meist in einer und derselben Form auftreten, z. B. Muskel- und Nervenfasern. Bei diesen Organen erster Ordnung wird also die äussere Form des Organs an und für sich schon durch die Verbindungsweise der verschmelzenden Zellen bedingt, während sie bei den Organen zweiter Ordnung von dieser Verbindungsweise unabhängig ist und durch die gröberen Structur-Verhältnisse des ganzen Organismus bedingt wird.

Die Plastiden, welche homoplastische Organe zusammensetzen, können sowohl kernlose (Cytoden) als kernhaltige (Zellen) sein, wobei die innigere Verbindung der Elemente, welche durch den Mangel der Membran bedingt wird, für die Formbildung des homoplastischen Or-

ganz an sich ohne besondere Bedeutung ist. Die letztere erfolgt ohne Rücksicht darauf, ob die einzelnen Zellen, wie bei den Cytocormen, hautlos und innig verschmolzen, oder ob sie durch Membranen oder Intercellularsubstanzen getrennt und also relativ selbstständig sind.

Als solche einfache oder homoplastische Organe lassen sich bei Wirbelthieren anführen die gesammte Oberhaut (Epidermis) sammt ihren Anhängen (Haare, Nägel, Schuppen, Drüsen etc.) die Krystalllinse (Epidermis-Product), Knorpel (Chorda dorsalis, viele Arten von hyalinem und fasrigem Knorpel), und manche andere, gefässlose und nervenlose Formen der Bindesubstanz, z. B. das Schleimgewebe der Whartonschen Sulze des Nabelstranges. Unter den Pflanzen sind gleiche einfache oder homoplastische Organe insbesondere auf den niederen Stufen sehr verbreitet, und es gehören dahin alle diejenigen Blattorgane und Axenorgane, welche nur aus einer einzigen Art von Plastiden (aus einem einzigen Gewebe) zusammengesetzt sind (z. B. der Thallus vieler Cryptogamen, die Blätter vieler Zellencryptogamen etc.)

C. Organe dritter Ordnung:

Zusammengesetzte oder heteroplastische Organe.

(Ungleichartige Plastiden-Gemeinden oder heterogene Plastiden-Complexe.)

Heteroplasten. „Organe" im engsten Sinne.

Die bei weitem grösste Mehrzahl aller Organe besteht bei den höheren Organismen, sowohl Thieren als Pflanzen, nicht aus einer einzigen, sondern aus mehreren Arten von Zellen oder Geweben, indem mehrere verschieden differenzirte Zellcomplexe, seien es Organe erster oder zweiter Ordnung, sich vereinigen, um ein Organ dritter Ordnung, ein zusammengesetztes oder heteroplastisches Organ zu bilden. Die zwischen den anfänglich gleichartigen Zellen eingetretene Arbeitstheilung befähigt dieselben in ihrer Verbindung zu einem einheitlichen Ganzen zu höheren Leistungen.

Bei der grossen Mehrzahl der Thiere ist die Zusammensetzung der meisten Organe aus mehreren Geweben, aus mehr als einer Art von Zellen, schon dadurch bedingt, dass in sehr früher Zeit des Lebens eine, später immer weiter gehende Differenzirung der anfangs gleichartigen Plastiden eintritt, und dass aus dieser Gewebs-Differenzirung einerseits sehr verschiedenartig zusammengesetzte Organe hervorgehen, andererseits eigenthümliche Relations-Organe oder Centralisations-Organe, welche die verschiedenen anderen Organe in mehr oder weniger nahe Verbindung unter einander und mit den Central-Organen bringen. Ein solches Beziehungs-Organ des Thierleibes ist das Nervensystem, ein anderes das ernährende Gefässsystem. Ferner wird eine räumliche Verbindung und zugleich Sonderung der benachbarten Or-

gane durch die verschiedenen Gewebe der Bindegewebsgruppe herbeigeführt. Alle diese den ganzen Körper der höheren Thiere durchziehenden Organe senden ihre Zweige und Ausläufer in das Innere der meisten übrigen Organe hinein, wo sie sich zwischen deren constituirenden Geweben ausbreiten. In gleicher Weise wird bei den höheren Pflanzen der ganze Körper von den „Gefässen" durchzogen, welche überall in die von einfachen Gewebsformen (Parenchym, Prosenchym, Merenchym) constituirten Axorgane und Blattorgane eindringen und so deren Natur als heteroplastische Organe bedingen.

Die grosse Mehrzahl der Organe, wenigstens bei den höheren Thieren und Pflanzen, ist also insofern zusammengesetzt, als sie nicht allein aus den Plastiden der specifischen Gewebsform zusammengesetzt sind, welche ihre eigenthümlichen Leistungen vermitteln, sondern auch noch Aeste des Nervensystems oder Aeste der Gefässbündel erhalten, welche sie mit dem übrigen Organismus in Beziehung setzen, Aeste des Gefässsystems, welches sie ernährt, Aeste, Scheiden und Hüllen des Bindegewebssystems, welches sie stützt, umschliesst und mit den benachbarten verbindet. In dieser Weise zusammengesetzte Organe sind bei den Thieren die einzelnen Muskeln, die einzelnen Nerven, die einzelnen Knochen, Blutgefässe, Drüsen, Schleimhäute etc.; bei den höheren Pflanzen die einzelnen Blätter und die verschiedenen Axorgane.

Eine allgemeine Uebersicht der heteroplastischen oder zusammengesetzten Organe (welche eigentlich den Begriff des „Organs" *κατ' ἐξοχήν* im engsten morphologischen Sinne repräsentiren), ist hier nicht am Orte und würde viel zu weit führen, zumal die Art und Weise, in welcher sich die Cytocormen (Muskeln, Nerven etc.) und die verschiedenen Plastiden-Arten oder Gewebe (Bindegewebe, Deckengewebe etc.) zu zusammengesetzten Organen verbinden, in den verschiedenen Abtheilungen des Thierreichs äusserst verschiedenartig und bei den höheren Thieren sehr verwickelt ist. Einfacher ist dies Verhältniss bei den höheren Pflanzen, wo sich alle verschiedenen heteroplastischen Organe als Modificationen von nur zwei verschiedenen Grundorganen nachweisen lassen: Axorgane und Blattorgane. Wollte man die äusserst mannichfaltigen zusammengesetzten Organe der Thiere in ähnlicher Weise auf einige wenige Fundamentalorgane reduciren, so könnte man allgemein höchstens Rumpforgane und Extremitäten unterscheiden. Da die thierischen Rumpforgane als axiale Theile gewissermaassen den pflanzlichen Axorganen, und die Extremitäten als seitliche Theile den pflanzlichen Blattorganen entsprechen, so könnte man allgemein bei den Organismen zwei Reihen von zusammengesetzten oder heteroplastischen Organen unterscheiden: I. Axial-Organe (Rumpftheile, Stengeltheile etc.); II. Lateral-Organe (Extremitäten, Blätter etc.).

D. Organe vierter Ordnung:

Organ-Systeme.

Der Unterschied zwischen denjenigen zusammengesetzten Organ-Complexen, welche man Systeme, und denjenigen, welche man Apparate nennt, beruht, wie schon oben erörtert wurde, wesentlich darauf, dass der ersteren Benennung eine morphologische, der letzteren eine physiologische Vorstellung zu Grunde liegt. Bei einem Organ-System hat man die Einheit der Form seiner wesentlichen constituirenden Form-Elemente, bei einem Apparat die Einheit der Leistungen dieser Elemente im Auge. Dennoch lässt sich auch der Begriff des Apparates in morphologischem Sinne auffassen und zur Bezeichnung eines Organ-Complexes höchster Ordnung verwerthen, wie wir oben gezeigt haben.

Jedes einzelne Organ-System bildet also eine morphologische Einheit, welche aus einer Vielheit von zusammengesetzten Organen besteht, in welche aber ausserdem auch einfache Organe und Zellenstöcke als constituirende Elemente eintreten können. Eine einzige Plastiden-Art, eine einzige Gewebs-Form ist aber stets in jedem Organ-Systeme überwiegend, und die übrigen Gewebe, die ausserdem noch dasselbe constituiren helfen, sind diesem Character-Gewebe des Systems sowohl in morphologischer als physiologischer Beziehung untergeordnet: Hierin liegt ein wesentlicher Unterschied von den Apparaten, bei denen mehrere Systeme als coordinirte Constituentien des Ganzen neben einander auftreten können, ohne dass ein einzelnes derselben irgend eine Praeponderanz hat.

Als Organ-Systeme in diesem Sinne können wir beim Menschen und bei den Wirbelthieren überhaupt betrachten: 1) das Deckensystem (System der Hautdecken) mit Oberhaut, Lederhaut und sämmtlichen Anhängen dieser Theile (Haare, Nägel, Hautdrüsen, Tastkörper etc.), 2) das Skeletsystem (mit Knochen, Knorpeln, Bändern, Gelenkkapseln und verbindender Bindesubstanz), 3) das Muskelsystem (mit Muskeln, Sehnen, Fascien, Schleimbeuteln etc.), 4) das Nervensystem (mit Gehirn und Rückenmark, peripherischen Ganglien, Nervenfäden und Sinnesorganen), 5) das Gefässsystem (mit Herz, Blutgefässen, Lymphgefässen, Lymphdrüsen, Milz), 6) das Darmsystem (Darmcanal nebst den Drüsen, die aus ihm hervorwuchern, Speicheldrüsen, Leber, Pancreas, Lungen, Nieren etc.), 7) das Genitalsystem, dessen wesentlichste Bestandtheile sich aus den Primordialnieren und ihren Adnexis entwickeln.

Im Allgemeinen sind die Organ-Systeme bei den Thieren weit vollkommener entwickelt und differenzirt, als bei den Pflanzen. Je

weiter die Centralisation der Personen geht, desto schärfer ist die Trennung der einzelnen Organ-Systeme, desto einheitlicher der Zusammenhang jedes Systems. Bei den höheren Pflanzen könnte man als derartige zusammenhängende Systeme vielleicht unterscheiden: 1) das Decken-System (mit Oberhaut, Haaren, Rinde etc.), 2) das Parenchym-System, 3) das Gefässsystem (Gefässbündel etc.).

E. Organe fünfter Ordnung:
Organ-Apparate.

Obgleich dem Begriffe des Apparates, wie schon bemerkt, wesentlich eine physiologische Vorstellung zu Grunde liegt, und man also gewöhnlich unter einem Apparate einen Complex von einfachen und zusammengesetzten Organen versteht, die zu einem einheitlichen Ganzen behufs einer einzigen gemeinsamen Function verbunden sind, so können wir dennoch, wie oben gezeigt wurde, dem Begriffe des Apparates auch eine morphologische Bedeutung beilegen. Wir verstehen dann darunter einen einheitlich abgeschlossenen Complex von mehreren verschiedenartigen untergeordneten Organen (verschiedenen Systemen und Geweben angehörig), in welchen mehrere coordinirte Gewebe der Art verbunden sind, dass keins allein eine vorwiegende Bedeutung vor allen anderen beanspruchen kann.

Wir dürfen diese Apparate um so eher als eine Ordnung von Organen höchsten Ranges anführen, als die morphologische Einheit des Ganzen in denselben meist nicht minder deutlich, oft sogar augenfälliger hervortritt, als in den einzelnen Systemen. Die Form-Einheit des Apparates beruht aber nicht, wie bei dem Systeme, auf dem ausschliesslichen Vorwiegen einer einzigen Gewebs-Form, sondern vielmehr auf einer räumlichen Sonderung, die schon bei der gröbsten Betrachtung des Organismus ins Auge springt. So befindet sich der Ernährungsapparat fast ganz auf die Pleuroperitonealhöhle des Wirbelthieres beschränkt, der Gesichtsapparat auf den Inhalt der Augenhöhle, der Geruchsapparat auf die Nasenhöhle etc.

Da nun ausser der räumlichen Sonderung und Einheit auch die morphologische Zusammensetzung jedes Apparates aus coordinirten und subordinirten Organen und Systemtheilen dem Ganzen ein einheitliches Gepräge giebt, so können wir, gestützt auf den innigen Zusammenhang und die Wechselwirkung von Form und Function, ebenso, wie es bei dem Begriffe des Organes im Allgemeinen bereits geschehen ist, die morphologische Einheit des Apparates von der physiologischen sondern und die erstere als Organ fünfter Ordnung hier in Betracht ziehen.

Die sämmtlichen Organ-Apparate, welche man weiter in niedere oder besondere und in höhere oder allgemeinere gruppiren kann,

lassen sich auf drei Hauptgruppen vertheilen, entsprechend den drei Haupt-Functionsgruppen, welche der Organismus besitzt: Erhaltung seiner selbst, Erhaltung der Art und Erhaltung der Beziehungen zur Aussenwelt. Hiernach werden wir beim Menschen und den Wirbelthieren überhaupt folgende Gruppen von Apparaten unterscheiden können: I. Apparate zur Erhaltung des Individuums (der Person): Ernährungs-Apparat (und als untergeordnete Apparate: Verdauungs-, Circulations-, Respirations- und Secretions-Apparate); II. Apparat zur Erhaltung der Art: Fortpflanzungs-Apparat (Genitalien); III. Apparate zur Erhaltung des Verkehrs mit der Aussenwelt: Relations-Apparate: A. Bewegungs-Apparat (aus Muskelsystem oder activen und Knochensystem oder passiven Locomotions-Organen zusammengesetzt). B. Seelen-Apparat (aus Nervensystem und Sinnesorganen zusammengesetzt, unter letzteren als einzelne Sinnes-Apparate die geschlossenen Einheiten der fünf Sinne: Auge (Gesicht), Ohr (Gehör), Nase (Geruch), Zunge (Geschmack), Hautdecke (Gefühl). Bei den Pflanzen werden wir ebenso allgemein Ernährungs-Apparate, Fortpflanzungsapparate und Relationsapparate unterscheiden können.

III. Morphologische Individuen dritter Ordnung: Antimeren oder Gegenstücke.

(Homotypische Theile.)

Die vorhergehende Betrachtung der morphologischen Individuen erster und zweiter Ordnung, der Plastiden und der Organe, hat uns mit Ueberwindung grosser Schwierigkeiten in das verwickelte Labyrinth von coordinirten und subordinirten Theilen eingeführt, aus welchen der ganze Organismus der höheren Thiere und Pflanzen als höhere Einheit zusammengesetzt wird. Eine genauere Betrachtung der höchst complicirten und kunstvollen Art und Weise, auf welche diese Zusammensetzung erfolgt, lässt uns alsbald erkennen, dass die stufenweise emporsteigende Complication des organischen Baues, wenigstens bei den höheren Pflanzen und Thieren, nicht allein nach den grossen Gesetzen der Aggregation und der Differenzirung (oder des Polymorphismus) erfolgt, sondern dass die verschiedenen coordinirten und subordinirten Theile sich derartig im Ganzen verflechten, gegenseitig räumlich durchwachsen und verbinden, und in so verwickelter Weise in einander eingreifen, dass wir zur Aufstellung ganz verschiedener morphologischer Einheiten gelangen, je nachdem wir unseren Standpunkt auf verschiedenen Seiten nehmen und von diesem oder jenem gemeinsamen Tertium aus zwei Einheiten vergleichen. So kann also derselbe Nerv, derselbe Muskel als ein Complex von

einfachen Organen erster und zweiter Ordnung, oder als ein heteroplastisches Organ, oder als ein Theil eines Organ-Systems, oder als ein Theil eines Organ-Apparates aufgefasst werden, und von jedem dieser verschiedenen Gesichtspunkte aus wird er eine verschiedene Beurtheilung erfahren.

Schon hieraus geht hervor, dass die Organe (und ebenso die morphologischen Individuen niederer Ordnung überhaupt) sich nicht allein durch stufenweis fortgesetzte Aggregation und Arbeitstheilung zu den Individualitäten höherer Ordnung zusammenfügen, sondern dass hier complicirte Gesetze der Formbildung walten, um deren Erkenntniss man sich bisher noch kaum bemüht hat. Wie wenig auf diesem wichtigen und interessanten Gebiete der allgemeinen Morphologie noch geschehen ist, geht aber weiter namentlich daraus hervor, dass man die höheren Individualitäten, welche zunächst aus dem Zusammentreten der verschiedenen Organe hervorgehen, und die wir im Folgenden als Antimeren und Metameren untersuchen werden, überhaupt noch keiner eingehenden Untersuchung und allgemeinen Vergleichung, ja häufig nicht einmal einer Erwähnung gewürdigt hat. Mindestens sind sie als besondere morphologische Individualitäten bisher nur selten oder nie anerkannt worden.

Die Theile des Organismus, welche wir hier als **Antimeren** oder Gegenstücke, und **Metameren** oder Folgestücke unterscheiden, sind scharf ausgeprägte morphologische Individualitäten, welche einen Rang über den Organen einnehmen, während sie den höheren morphologischen Einheiten fünfter und sechster Ordnung beständig untergeordnet sind. In der bei weitem grössten Mehrzahl der Organismen-Arten ist das einzelne physiologische Individuum nicht ein blosses Aggregat von Organen, sondern eine Einheit von mehreren Metameren und Antimeren. Für die Gesammtform des Organismus sind diese Theilstücke, welche als scharf ausgeprägte Formeinheiten in Vielzahl neben und hinter einander auftreten, von der allergrössten Bedeutung, und dennoch hat man sie bisher fast gar keiner Betrachtung gewürdigt; ja es existirt für die beiden wesentlich verschiedenen Individualitäten des Antimeres oder Metameres nicht einmal ein besonderer einfacher Name. Wo man sie bisher im concreten Falle der Verständigung halber hat erwähnen müssen, hat man Beide zusammen mit dem nichtssagenden oder doch vieldeutigen Ausdrucke des **Segments** oder Theilstücks oder Gliedes (Articulum), oder auch wohl des „homologen oder homonomen Theils" belegt. Die Metameren, als welche wir z. B. die einzelnen gleichartigen **hinter** einander gelegenen Abschnitte des Wirbelthier- und des Gliederthier-Rumpfes, die einzelnen Stielglieder der Crinoideen-Stengel, die Stengelglieder der Phanerogamen ansehen, hat man insbesondere häufig „Glieder" und

bei den Gliederthieren und Würmern „Ringe“ oder Zoniten genannt. Die Antimeren, die neben einander gelegenen Hauptabschnitte dagegen hat man, wenn ihrer nur zwei zugegen sind, wie bei den Wirbel-, Glieder- und Weich-Thieren, als „Körperhälften“, wenn ihrer drei, vier, fünf oder mehr sind, wie bei den „Strahlthieren“ und Phanerogamen-Blüthen, als „Strahlen“ oder „Radialsegmente“, oft aber ebenfalls als „Glieder“ bezeichnet.

Der einzige Naturforscher, welcher bisher diese beiderlei Theile vom allgemeineren Gesichtspunkte aus untersucht und auf die hohe Bedeutung derselben für die Gesetze der organischen Formbildung hingewiesen hat, ist der verdienstvolle Bronn, welcher in seinen trefflichen „morphologischen Studien“ (1858) diejenigen neben einander gelegenen Hauptabschnitte, welche wir Antimeren nennen, als homotypische Theile, diejenigen hinter einander liegenden Abschnitte dagegen, welche wir Metameren nennen, als homonyme Theile bezeichnet hat. In dem Capitel, in welchem er das wichtige von ihm entdeckte „Gesetz der Zahlen-Reduction gleichnamiger Theile“ behandelt, fasst er beiderlei Abschnitte als „gleichgesetzliche“ oder „homonome“ Körpertheile zusammen und giebt von Beiden eine kurze Definition, welche jedoch weder erschöpfend, noch hinreichend klar und genau ist. Wir werden diese Definition in dem nächsten Abschnitte, welcher von den Metameren handelt, wörtlich anführen und näher beleuchten, und wenden uns hier sogleich zur näheren Betrachtung derjenigen Formeinheiten des Organismus, welche wir allgemein als Antimeren bezeichnen wollen.

Unter Antimeren oder Gegenstücken (den homotypischen Organen Bronn's) verstehen wir diejenigen neben (nicht hinter) einander liegenden, als deutlich geschlossene Einheiten auftretenden Körperabschnitte oder „Segmente“, welche als gleichwerthige Organcomplexe alle oder fast alle wesentlichen Körpertheile der Species (alle typischen Organe) in der Art zusammengesetzt enthalten, dass jedes Antimer die wesentlichsten Eigenschaften der Species als Organ-Complex repräsentirt, und dass nur noch die Zahl der Antimeren als das die Species-Form bestimmende Element hinzutritt. Bei den meisten höheren, sogenannten „bilateral-symmetrischen“ Thieren (Wirbel-, Glieder-, Weich-Thieren) besteht der Körper demgemäss nur aus zwei Antimeren, den beiden Körperhälften nämlich, welche in der Medianebene verwachsen sind. Bei den sogenannten „Strahlthieren“, sowie bei den allermeisten Geschlechts-Individuen (Blüthen) der Phanerogamen, ist dagegen der Körper aus so vielen Antimeren zusammengesetzt, als „Strahlen“, d. h. Kreuzaxen, vorhanden sind, also drei bei den meisten Monocotyledonen und vielen Radiolarien, vier bei den meisten Medusen, den Rugosen und Cereanthiden, ferner auch

bei den meisten Würmern und bei sehr vielen Dicotyledonen, fünf bei den meisten Echinodermen und Dicotyledonen, sechs bei den meisten Anthozoen (Enallonemen, die Rugosen ausgenommen, und Antipathiden) und bei einigen Medusen (Carmariniden). Sehr selten im Ganzen genommen ist der Körper aus mehr als sechs Antimeren zusammengesetzt. Sieben kommen nur ausnahmsweise vor, z. B. bei *Luidia Savignyi* unter den Seesternen, bei *Trientalis europaea* unter den Phanerogamen. Acht Antimeren finden sich bei allen Ctenophoren und Octactinien (Alcyonarien), dagegen sehr selten bei den Phanerogamen (*Mimusops* unter den Sapotaceen). Ebenfalls selten treten neun, zehn, zwölf und zwanzig oder mehr Antimeren zur Bildung des Körpers zusammen. In der Regel sind die niedrigeren Zahlen der Antimeren innerhalb der Species constant. Sobald aber mehr als sechs Antimeren auftreten, wird die Grundzahl (acht ausgenommen) innerhalb der Species schwankend und um so unbeständiger, je höher die Zahl steigt. Dasselbe Verhältniss zeigt sich auch bei den Metameren, z. B. wenn man die Insecten (mit wenigen, neun bis dreizehn Ringen) und die Myriapoden und Arachniden (mit sehr zahlreichen Metameren) vergleicht. Dies Verhältniss ist sehr wichtig für die Begründung des Bronn'schen Gesetzes der Zahlenreduction gleichnamiger Theile.

So unwesentlich es vom physiologischen Standpunkte aus erscheinen mag, ob der ganze Körper (die Person) aus zwei, drei, vier, fünf oder mehr gleichen Körpertheilen zusammengesetzt ist, von denen jeder sämmtliche wesentliche Organ-Complexe oder typischen Organe des Körpers in der gleichen Zahl, Form, Structur und Lagerung enthält, und also für sich schon die Species repräsentiren könnte, so ausserordentlich wichtig ist die homotypische Grundzahl, wie wir mit Bronn die specifische Antimeren-Zahl nennen können, für die morphologische Betrachtung des Körpers als Ganzen. Insbesondere wird durch die Antimeren jene Summe von Form-Eigenthümlichkeiten bedingt, welche man gewöhnlich als Habitus bezeichnet, und welche oft eben so schwer zu definiren und näher zu bestimmen ist, als sie dem geübten Auge characterbestimmend, als physiognomisches Moment entgegentritt.

Freilich ist uns der Causal-Nexus zwischen dem typischen Organisationscharacter und der homotypischen Grundzahl der Organismen zur Zeit noch vollständig unbekannt. Dass er aber vorhanden ist, beweist die auffallende Constanz, welche die Antimeren-Zahl innerhalb der grossen Hauptabtheilungen des Thier- und Pflanzenreiches zeigt. Ohne Ausnahme sind die Wirbelthiere und Weichthiere nur aus zwei, die Ctenophoren und Octactinien aus acht Antimeren zusammengesetzt und ganz vorherrschend ist unter den Echinodermen

die Antimerenzahl fünf, unter den Monocotyledonen die Zahl drei. Diese Umstände sind sicher nicht bedeutungslos, und sie veranlassen uns, hier noch etwas näher auf das gegenseitige Verhältniss der Antimeren zu einander und zum Ganzen einzugehen.

In letzterer Beziehung ist zunächst als besonders bestimmend für den Habitus des Organismus hervorzuheben, dass die Antimeren entweder einander ganz gleich, oder nur ähnlich, und im ersteren Falle entweder symmetrisch gleich oder congruent sein können. Aehnlich nennen wir dieselben, wenn sie zwar in allen oder doch den meisten wesentlichen Formbeziehungen übereinstimmen und dieselbe Zahl von grösseren Organen in derselben relativen Lagerung verbunden besitzen, aber doch in untergeordneten Beziehungen, in der Grösse, der geringeren oder stärkeren Entwickelung, der äusseren Oberflächen-Gestaltung etc. mehr oder minder verschieden sind, so dass auch die Anzahl der kleinsten heterogenen Theilchen, welche sie zusammensetzen, auffallend ungleich ist. Aehnlich sind z. B. die beiden Hälften eines *Pleuronectes;* ähnlich ist der unpaare Strahl der symmetrischen Echinodermen den vier anderen Strahlen. Gleich dagegen sind zwei homotypische Theile, wenn sie nicht bloss in jenen wesentlichen, sondern auch in diesen untergeordneten Beziehungen (der Grösse, Entwickelungsstärke und Flächenbegränzung etc.) vollkommen übereinstimmen, so dass die Zahl der kleinsten heterogenen Theilchen in beiden Antimeren nicht merklich verschieden ist.

Gleiche Antimeren sind entweder symmetrisch oder congruent. Symmetrisch sind zwei gleiche Antimeren, wenn die Lagerung der kleinsten heterogenen Theilchen in beiden zwar relativ dieselbe, aber absolut entgegengesetzt ist, so dass sich die beiden Gegenstücke wie das Spiegelbild eines Körpers, oder wie Rechts und Links verhalten, und niemals sich wirklich decken und ersetzen können. Congruent dagegen sind zwei gleiche Antimeren, wenn die Lagerung der kleinsten heterogenen Theilchen in beiden nicht bloss relativ, sondern auch absolut dieselbe ist, so dass sich die beiden Gegenstücke vollständig decken und sich gegenseitig ersetzen können. Congruent sind z. B. die vier Antimeren der Medusen, die sechs Antimeren der Antipathiden, die fünf Radialsegmente der sogenannten „regulären“ fünfzähligen Blüthen (z. B. Primulaceen, *Oxalis, Nicandra* etc.). Symmetrisch sind die beiden Hälften der Wirbelthiere und der Gliederthiere; je zwei von den vier paarigen Antimeren der symmetrischen Echinodermen (*Clypeaster* etc.), je zwei von den vier paarigen Gegenstücken der sogenannten „irregulären“ fünfzähligen Blüthen (z. B. der Papilionaceen, Veilchen etc.).

Streng genommen kann eine analoge Differenz, wie sie zwischen congruenten und symmetrisch gleichen Antimeren stattfindet, auch

bei ähnlichen Antimeren nachgewiesen werden und wir können danach positiv ähnliche und negativ ähnliche Antimeren unterscheiden. Positiv ähnlich können solche Antimeren genannt werden, bei welchen diejenigen Organe und Organtheile, die in beiden Antimeren gleicherweise vorhanden sind, auch die gleiche relative und absolute Verbindung, das gleiche Lagerungs-Verhältniss zur Mittelebene oder Mittellinie des Körpers zeigen. Negativ ähnlich dagegen (oder symmetrisch-ähnlich) würden diejenigen ähnlichen Antimeren heissen, bei denen auch dieses Lagerungs-Verhältniss absolut entgegengesetzt ist. Beispiele hierfür liefern die symmetrischen Seeigel (Clypeastriden, Spatangiden etc.). Bei diesen Echiniden sind die fünf Antimeren (Radien), welche bei den Cidariden congruent sind, sämmtlich nicht congruent, aber paarweise symmetrisch, so dass man zwei Paare von Radien und einen unpaaren Radius unterscheiden kann. Der ganze Körper kann in einen dorsalen und einen ventralen Abschnitt zerlegt werden. Der dorsale (gewöhnlich sogenannte vordere) Abschnitt wird Trivium genannt, weil er den unpaaren Radius und das dorsale (vordere) Paar der paarigen Radien enthält, während der ventrale, das Bivium, das ventrale (hintere) Paar der Antimeren oder Radien enthält. Bezeichnen wir nun den unpaaren Radius mit A, die beiderseits an denselben angrenzenden Radien mit B und C, und die beiden (ventralen) Radien des Bivium mit D und E, so dass die linke Seite aus $\frac{A}{2}$, C und E, die rechte aus $\frac{A}{2}$, B und D gebildet wird, so sind B und C unter sich symmetrisch gleich, ebenso D und E unter sich symmetrisch gleich; dagegen B und D positiv ähnlich, B und E negativ ähnlich, ebenso C und E positiv ähnlich, C und D negativ ähnlich. Genau dieselben gegenseitigen Formbeziehungen, wie diese fünf Antimeren der bilateralen Seeigel, zeigen die fünf Antimeren der sogenannten „irregulären“ fünfzähligen Geschlechts-Individuen (Blüthen) der Papilionaceen und Labiaten, der Veilchen, der „strahlenden“ Randblüthen vieler Umbelliferen, Compositen etc.

Vollständiger Mangel einer Antimeren-Zusammensetzung des Körpers findet sich nur bei sehr wenigen Organcomplexen, nämlich bei den absolut regulären und den absolut irregulären. Es giebt nur einen einzigen absolut regulären Körper und das ist die Kugel, welche in geometrisch reiner Form den Körper gewisser Radiolarien bildet (Thalassicolliden, Sphaerozoiden). Hier können wir die Antimerenzahl $= \infty$ setzen. Umgekehrt wird dieselbe $= 0$ bei sehr vielen Spongien, deren vollkommen unregelmässiger oder „amorpher“ Körper durchaus keine Abtheilung in gleichartige Organcomplexe zeigt, die man als Antimeren betrachten könnte. Dasselbe gilt von sehr vielen cryptogamen Pflanzen.

Die verschiedene Art und Weise, in welcher die Antimeren zur Bildung des ganzen Körpers zusammentreten, ist für den characteristischen Habitus, den man mit den Ausdrücken des „bilateralen“ und des „strahligen“ Typus bezeichnet, von der grössten Wichtigkeit. Bei den echten Bilateralthieren, den Dipleuren, deren Körper nur aus zwei Antimeren („symmetrischen Körperhälften“) besteht (Wirbel-, Glieder- und Weich-Thieren), legen sich die beiden Gegenstücke mit zwei einander zugekehrten Flächen, in einer Ebene (Mittelebene) an einander. Bei den echten „Strahlthieren“ dagegen, sowohl ganz regulären (Medusen, Asteriden) als bilateral symmetrischen (Ctenophoren, Spatangiden), bei denen mehr als zwei Antimeren („Radial-Segmente“ oder „Strahlen“) zum Körper zusammentreten, berühren sich dieselben in einer Linie, der Haupt- oder Längsaxe und haben also sämmtlich eine Kante gemeinsam. Selten nur, z. B. bei vielen Radiolarien, deren Grundform die Kugel oder ein reguläres oder ein endosphärisches Polyeder ist, berühren sich die Antimeren nur in einem einzigen Punkte und haben demgemäss nur diesen Punkt gemeinsam.

Eigenthümliche Verschiedenheiten bezüglich der Antimeren-Zusammensetzung der Person oder des Form-Individuums im engeren Sinne zeigen unter den phanerogamen Pflanzen häufig die geschlechtslosen Personen (Blattsprosse etc.) und die Geschlechts-Individuen (Blüthen-Sprosse). Die letzteren, als die morphologisch höher entwickelten und differenzirten, weisen uns meistens ganz dieselbe regelmässige und leicht erkennbare Zusammensetzung aus Antimeren auf, wie die allermeisten Thier-Personen. Es entsprechen z. B. in dieser Beziehung vollkommen die „regulären“ Echinodermen (Asteriden etc.) den regelmässigen fünfzähligen Blüthen (Primulaceen, Oxalideen etc.), die „irregulären“ Echinodermen (Spatangiden etc.) den unregelmässigen fünfzähligen Blüthen (Papilionaceen, Labiaten, Umbelliferen etc.). Auch ist die Mannichfaltigkeit in der Art dieser Zusammensetzung, welche die characteristische Physiognomie der Blumen bestimmt, nicht minder gross, als bei den Thieren. Bei den Blattsprossen dagegen, den geschlechtslosen Individuen der Phanerogamen, sind diese Compositions-Verhältnisse, welche sich in der Blattstellung aussprechen, im Ganzen seltener eben so einfach, regelmässig und deutlich, wie bei den Blüthen. Es ist dies der Fall bei den Axorganen mit zweizeiliger, gegenständiger, kreuzständiger und wirtelständiger (quirliger) Blattstellung. Sehr häufig treten hier aber statt dessen sehr complicirte Verhältnisse auf, welche schwierig auf die einfache Zusammensetzung des geschlechtslosen Sprosses aus gegenständigen Antimeren zurückzuführen sind. Insbesondere wird die letztere häufig dadurch versteckt, dass die Blattorgane in einer enger oder weiter gewundenen Spirale an der Axe heraufsteigen. Man pflegt gewöhnlich die Spiraltendenz in

der Blattstellung der Phanerogamen u. s. w. als eine primitive Eigenthümlichkeit derselben zu betrachten und die vorher angeführten Fälle von zweizeiliger, gegenständiger, kreuzständiger und wirtelständiger (quirliger) Blattstellung als abgeleitete Formen, welche durch secundären Zerfall laufender, continuirlicher Spiralen in abgesetzte, geschlossene Ringe entstanden seien. Indessen ist es vielleicht richtiger, umgekehrt die letzteren als die eigentlichen ursprünglichen Grundformen zu betrachten, welche aus einer gesetzmässigen Verbindung von Antimeren und Metameren (in ähnlicher Weise wie bei den „Strahlthieren" z. B. den Echinodermen) gebildet sind. Die Blattstellungs-Spiralen würden dann als abgeleitete Formen zu betrachten sein, secundär entstanden durch besondere Wachsthums-Verhältnisse der sich streckenden Metameren, welche in besonderen Beziehungen zu den Antimeren der benachbarten Metameren stehen. Wir glauben, dass für eine richtige Auffassung dieser schwierigen und verwickelten Verhältnisse die Vergleichung der analogen einfacheren Verbindung von Antimeren und Metameren bei den Strahlthieren sehr wichtig ist. Bei den meisten Echinodermen insbesondere finden wir in ganz analoger Weise, wie bei den meisten phanerogamen Personen, mehrere Antimeren (gewöhnlich fünf) und zahlreiche Metameren (hinter einanderliegende Abschnitte der Hauptaxe, Stengelglieder etc.) zu einer complicirt gebauten Person verbunden. Das ursprüngliche, homotypische Verhältniss bei den Echinodermen ist aber immer die reguläre Zusammensetzung aus fünf Antimeren, deren Stücke in geschlossene, hinter einander liegende Kreise geordnet sind, wie bei den meisten Geschlechts-Personen (Blüthen) der Phanerogamen; und nur ausnahmsweise, und offenbar erst in Folge secundärer Entwickelung, laufen diese Kreise in einander, indem sie sich zu continuirlichen Spiralen verbinden, z. B. bei den spiraligen Reihen von Stachelhöckern vieler Echiniden, von Kelchtafeln vieler Crinoiden etc. Ebenso dürften vielleicht die Spiralen der Blattstellungen bei den meisten geschlechtslosen Personen (Blattsprossen) der Phanerogamen zu erklären sein.

Wir führen die Antimeren oder Gegenstücke als morphologische Individuen dritter Ordnung auf, weil die echten, eigentlichen Antimeren in allen Fällen Organ-Complexe darstellen, also Einheiten, welche aus einer Vielheit von Form-Individuen zweiter Ordnung bestehen. Vielleicht dürfte es in mehrfacher Beziehung richtiger erscheinen, die Rangordnung der beiden Individualitäten zu wechseln und die Antimeren als die morphologischen Individuen zweiter, die Organe als die morphologischen Individuen dritter Ordnung aufzustellen. Hierfür könnte namentlich angeführt werden, dass auch bei vielen Organismen, welche noch keine distincten Organe besitzen, dennoch der Körper (eine einfache Plastide) bereits aus Antimeren zusammen-

gesetzt erscheint, wie z. B. bei den Desmidiaceen, Diatomeen und vielen anderen Protisten; ferner, dass auch jedes einzelne Organ aus mehreren Antimeren zusammengesetzt scheinen kann, z. B. ein einfaches Blatt aus zwei, ein handförmiges (in drei, vier, fünf gleiche Lappen gespaltenes Blatt) aus drei, vier, fünf Antimeren etc. Indessen würde, streng genommen, diese Auffassung dazu führen, das Antimer sogar als morphologisches Individuum erster Ordnung hinzustellen, da ja die meisten einzelligen Organismen bereits deutlich aus zwei oder mehreren Antimeren zusammengesetzt erscheinen, mithin eine einzelne Plastide eine Einheit repräsentirt, welche aus einer Vielheit von Antimeren bestehen würde. Hier, wie auch sonst in vielen Fällen, scheint eine strenge Rangordnung der morphologischen Individualitäten nicht durchführbar zu sein, zumal wenn dieselben, wie es so oft geschieht, in verwickelter Weise in einander greifen. Wir können diese Rangordnung aber auch im vorliegenden Falle bestimmt dadurch feststellen, dass wir die Subordination der einzelnen Kategorieen in allen Organismen untersuchen und hieraus das allgemeine Gesetz ableiten; und auf dieser empirischen Grundlage erscheint uns die von uns gewählte Rangordnung als die richtigste. Der scheinbare Widerspruch löst sich, sobald wir scharf zwischen Antimeren und Parameren (Gegenstücken und Nebenstücken) unterscheiden.

In sehr vielen Fällen sehen wir, dass untergeordnete Theile, z. B. einzelne Organe, die Gesammtform sowohl als die characteristische Zusammensetzung des ganzen Organismus wiederholen. So wiederholt sich z. B. bei den Arthropoden die Gliederung des Rumpfes in derjenigen der Extremitäten, bei den Mimosen die Stengelgliederung in derjenigen der gefiederten Blätter. Ebenso sehen wir, dass die homotypische Zusammensetzung des ganzen Organismus sich häufig in einer analogen Zusammensetzung einzelner Theile oder Organe wiederholt. Letztere erscheinen oft in so regelmässiger und constanter Weise aus homotypischen Theilen zusammengesetzt, wie die ganze Person, z. B. die einfachen Blätter der Phanerogamen (also Organe!) aus zwei symmetrischen Hälften. Um nun jede Verwechselung dieser untergeordneten Gegenstücke mit den Antimeren des ganzen Organismus auszuschliessen, wollen wir die ersteren allgemein als homonome Theile, Nebenstücke oder Parameren bezeichnen. Solche sind also z. B. die beiden Hälften der dipleuren Blätter, die drei Blättchen von dreizähligen Blättern (z. B. vom Kleeblatt), die drei Arme der dreiarmigen Pedicellarien der Echinodermen, die fünf Zehen des menschlichen Fusses und des Wirbelthierfusses überhaupt.

Parameren oder Nebenstücke (homonome Theile) sind also allgemein entsprechende Theile, welche um eine Kreuzaxe oder Breitenaxe des Körpers (oder um die Hauptaxe eines einzelnen Körpertheils)

herum neben einander liegen. Antimeren oder Gegenstücke dagegen sind entsprechende Theile, welche um die Hauptaxe (Längsaxe) des Körpers herum neben einander liegen. Parameren sind stets untergeordnete Theile eines Form-Individuums erster oder zweiter, Antimeren dagegen stets vierter oder fünfter Ordnung. Die Parameren verhalten sich demnach zu den Antimeren ganz analog, wie die sogleich zu besprechenden Epimeren zu den Metameren.

IV. Morphologische Individuen vierter Ordnung:

Metameren oder Folgestücke.

(Homodyname Theile oder allgemein homologe Theile.)

Mehr Aufmerksamkeit, als den Antimeren, hat man bisher den Metameren geschenkt, obwohl dieselben gewöhnlich nicht in so constanter Zahl und in so begrenzter Form als gestaltbestimmende Einheiten zu einer Mehrheit zusammentreten, wie es bei jenen der Fall ist. Da dieselben aber häufiger als die Antimeren die Rolle von physiologischen Individuen spielen, und ausserdem in der Axe der Phanerogamen als Stengelglieder, im Rumpfe der Vertebraten und Articulaten, (dort innerlich als „Wirbelsegmente", hier äusserlich als Ringe oder Zoniten) sehr auffallend hervortreten, so hat man ihnen immerhin eingehendere Betrachtungen in einzelnen Stämmen gewidmet.

Das Verhältniss der Metameren zu den Antimeren ist bisher unseres Wissens nur von dem trefflichen Bronn näher zu bestimmen versucht worden, welcher sich in seinen morphologischen Studien (p. 410) folgendermaassen über diese beiderlei wesentlichen Formeinheiten ausspricht: „Man hat Homologie genannt die vollkommene Uebereinstimmung der Theile verschiedener Pflanzen und Thiere in ihrer relativen ursprünglichen Lage, anderen Theilen gegenüber, ohne alle Rücksicht auf ihre Form. So sind die Vorderbeine aller Wirbelthiere homolog, mögen es nun Flossen, Flügel, Grab-Apparate, Gehfüsse oder Arme mit Händen sein. Wir haben früher (1850) Theile eines und desselben Thieres homonom (gleichgesetzlich) genannt, welche von einerlei Art oder nach einerlei Gesetz oder Plan gebildet sind, müssen aber jetzt der Deutlichkeit wegen noch genauer unterscheiden. Wir nennen homotypische solche Organe, welche nach der Grundform des Typus oder System-Kreises, wozu sie gehören, eine ganz identische Stelle im Individuum einnehmen und daher auch ihrer Zahl nach fest bestimmt sind. Sie werden daher in ihrer Lage in Bezug zur Hauptaxe des Organismus so weit übereinstimmen, dass sie den zwei Polen einer beliebigen Queraxe oder zweier gleicher Radien desselben entsprechen. Dann wird es also bei jedem höheren Thiere nur zwei homotypische Beine, Finger, Rippen, Zähne, und bei den Strahlthieren nur je vier, fünf, sechs homotypische Strahlen, Arme, Fühlergänge, Strahlenleisten und d[illegible]

geben können. Wir wählen dagegen den Ausdruck homonym (gleichnamig) für solche Formbestandtheile eines und des nämlichen Thieres oder Vegetabils, die, auch im gewöhnlichen Leben unter einerlei Namen zusammenbegriffen, und nach einerlei Plane gebildet, doch immer insofern in der Lage von einander abweichen, als sie an einer Haupt- oder Strahlen-Axe hinter, oder in dem Pole einer Quer-Axe neben einander liegen. Zu den ersten gehören alle Ringel eines Kerbthieres, alle successiven Fuss-, Zahn- und Rippen-Paare eines Thieres, die successiven Paare oder alternirenden Individuen von Gliedern, Fiederästen, Pedicellen und Ranken am Arme eines Crinoiden etc. Zu den letzten gehören alle Finger und Zehen einer Hand und eines Fusses, dahin auch die successiv verschiedenen Cyclen von Strahlenleisten in einem Korallenbecher u. s. w. Die homotype Grundzahl ist bei den Strahlthieren 6, 5, 4, 3, bei den höheren Thieren 2. Für die homonymen Organe aber giebt es keine andere Grundzahl, als das Paar oder die Einheit."

Das Verhältniss zwischen gewissen, durch ähnliche Lagerung sich entsprechenden Theilen, welches Bronn als Homonymie bezeichnet, ist auch von Andern nach R. Owen „Allgemeine Homologie" oder „Homologie der Reihe" genannt. Owen unterscheidet drei verschiedene Arten der Homologie: 1. Homologie der Reihe, wenn gleichartig gebildete und aufeinander folgende Organe oder Theile des Körpers eines und desselben Thieres unter einander verglichen werden, also z. B. das Verhältniss der verschiedenen hinter einander liegenden Segmente eines Gliederthieres zu einander oder der verschiedenen Abschnitte der Wirbelsäule eines Wirbelthieres zu einander. 2. Allgemeine Homologie, wenn ein Theil oder eine Reihenfolge von Theilen auf den gemeinsamen Grundtypus bezogen wird, und deren Erscheinung einen Begriff jenes Grundtypus in sich birgt, auf welchen eine Thiergruppe aufgebaut ist, so z. B. das Verhältniss der Schädelwirbel oder der Kreuzwirbel zum Grundtypus des Wirbels. 3. Specielle Homologie, wenn zwei (oder mehrere) correspondirende, durch bestimmte Lage und Verhältniss zum Ganzen übereinstimmende Theile von zwei (oder mehreren) verschiedenen Thieren mit einander verglichen und auf den gleichen Grundtypus reducirt werden, z. B. der Flügel eines Vogels und die Brustflosse eines Fisches.

Versucht man sich die etwas dunkeln Definitionen, die Owen von seinen drei Arten der Homologie giebt, aufzuklären und durch Beispiele zu erläutern, so stellt sich alsbald heraus, dass die allgemeine Homologie und die Homologie der Reihe nicht zu unterscheiden sind, und dass die versuchte Unterscheidung beider nur darauf beruht, dass die gegenseitigen Beziehungen der beiden zu vergleichenden Theile in der letzteren beschränkter, weniger klar und allgemein aufgefasst sind, als in der ersteren. Die Homologie der Reihe begnügt sich mit einer unvollständigen und unklaren Erkenntniss, indem sie die beiden zu vergleichende Theile nur unter einander und ohne Hervorhebung des gemeinsamen Grundtypus vergleicht, während die allgemeine Homologie das gegenseitige Verhältniss schärfer und mit besonderer Beziehung zum gemeinsamen Grundtypus vergleicht. Es bleiben mithin nur zwei verchiedene Arten der

Homologie übrig, allgemeine und specielle Homologie. Von diesen fällt die allgemeine Homologie zusammen mit dem, was Bronn Homonymie nennt, während die specielle Homologie diejenige Beziehung zweier zu vergleichender Theile bezeichnet, welche die vergleichende Anatomie kurzweg Homologie nennt. Beide Ausdrücke sind rein morphologischer Natur und vergleichen lediglich die Form der beiden entsprechenden Theile, während diejenige physiologische Art der Vergleichung, welche sich auf die Function zweier correspondirender Theile bezieht, allgemein Analogie genannt wird.[1]) Die Homonymie vergleicht zwei correspondirende Theile eines und desselben Thieres, während die Homologie zwei entsprechende Theile von zwei verschiedenen Thieren in Vergleichung zieht.

Wollen wir den viel gebrauchten, aber auch viel missbrauchten Begriff der Homologie fernerhin mit Vortheil anwenden, so ist es nothwendig, ihn bestimmt zu präcisiren und stets nur in dem zuletzt erwähnten Sinne (von Owens „specieller Homologie") anzuwenden, indem wir zwei oder mehrere entsprechende Theile von zwei oder mehreren verschiedenen Organismen in Bezug auf ihre gemeinsame Grundform vergleichend betrachten. Hierbei können wir schon im Voraus darauf hinweisen (was im sechsten Buche näher erläutert werden wird), dass eine solche wahre Homologie nur stattfinden kann zwischen zwei Theilen, welche aus der gleichen ursprünglichen Anlage entstanden sind und sich erst im Laufe der Zeit durch Differenzirung von einander entfernt haben. Demgemäss können auch nur zwei Theile homolog sein, welche zwei Thieren eines und desselben Stammes (oder Kreises, Phylon) angehören (z. B. zwei Wirbelthieren, oder zwei Gliederthieren); niemals kann aber eine wahre Homologie stattfinden zwischen zwei Theilen, welche zwei Thierformen von zwei verschiedenen Stämmen angehören, z. B. zwischen zwei Theilen eines Wirbelthiers und eines Gliederthiers, mögen dieselben auch noch so ähnlich zu sein scheinen.

Auch den Begriff der Homonymie Bronn's (der mit Owen's

---

[1]) Obgleich der Unterschied der Homologie und Analogie ein so klar[illegible] und bestimmter ist, werden beide Ausdrücke dennoch sehr häufig verwechs[illegible] und durch die Vermischung beider Begriffe grosse Verwirrung angerichtet. [illegible] mag daher hier nochmals scharf hervorgehoben werden, dass beide Begriffe [illegible] durch das gemeinsame Tertium der Vergleichung mit einander zusamm[illegible] hängen, dass sie zwei verschiedene Arten der Vergleichung sind. [illegible] Analogie oder die physiologische Vergleichung kann nur die [illegible] sprechende Function zweier Theile betreffen, während die Homologie [illegible] die morphologische Vergleichung stets nur die correspondirende F[illegible] zweier Theile betreffen kann. Analog sind z. B. die Kiemen der Fische [illegible] die Lungen der Säugethiere, während homolog die Schwimmblasen der F[illegible] und die Lungen der Säugethiere sind.

allgemeiner Homologie und Homologie der Reihe zusammenfällt) werden wir noch näher zu bestimmen und in zwei verschiedene Begriffe zu zerlegen haben. In Bronn's oben mitgetheiltem Sinne bezeichnet derselbe ganz allgemein die Beziehung zwischen zwei ähnlichen Theilen, die, „nach einerlei Plan gebildet, doch immer insofern in der Lage von einander abweichen, als sie an einer Haupt- oder Strahlen-Axe hinter, oder in dem Pole einer Quer-Axe neben einander liegen." In dieser Definition sind schon wesentliche Differenzen der als „homonym" zusammengefassten Theile angedeutet. Denn es ist klar, dass wir nicht ohne Weiteres derartige hinter oder neben einander gelegene Abschnitte mit einander vergleichen können, gleichviel, ob sie in einer Haupt- (Längs-) Axe oder in einer Quer-Axe hinter einander oder neben einander liegen. Wir werden z. B. nicht die einzelnen Segmente des Gliederthier-Rumpfes (einer Hauptaxe) und diejenigen seiner Extremitäten (Seitenaxen) direct als einander gleichwerthig betrachten dürfen.

Um uns über diese eben so schwierigen als wichtigen, bisher aber noch keiner scharfen Erörterung unterzogenen Verhältnisse der Formen-Zusammensetzung zu verständigen, ist es nöthig, aus dem vierten Buche einige Bestimmungen über die allgemeine Bezeichnung der wesentlichsten Axen vorauszunehmen; die Begründung derselben ist dort nachzusehen. Wir unterscheiden an den sogenannten bilateral-symmetrischen Thieren (Wirbel- Glieder-, Weichthieren), deren Grundform wir unten als Dipleure näher bestimmen werden, drei auf einander senkrechte Axen, welche den drei Dimensionen des Raumes entsprechen. Die erste oder Längsaxe (Axis longitudinalis), welche gewöhnlich von vorn nach hinten geht, betrachten wir als die Hauptaxe; ihr einer Pol ist der Mundpol (Polus oralis, Peristomii), ihr anderer der Gegenmundpol (Polus aboralis, Antistomii). Die zweite Axe, welche vom Rücken zum Bauch geht, nennen wir Dickenaxe (Axis dorsoventralis); ihr einer Pol ist der Rückenpol (Polus dorsalis), ihr anderer der Bauchpol (Polus ventralis). Die dritte Axe, welche von Rechts nach Links geht, ist unsere Breitenaxe (Axis lateralis); ihr einer Pol ist der rechte, ihr anderer der linke Pol. Bei den sogenannten „Strahlthieren" oder Radiaten, welche man auch oft als reguläre bezeichnet, ebenso bei den meisten Geschlechts-Individuen (Blüthensprossen) der Phanerogamen sind die bezeichneten drei Axen bald zu unterscheiden (wenn sie zur Formgruppe der Centrepipeden gehören), bald nicht. Im letztern Falle (bei den vollkommen „regulären" Strahlthieren und Blüthen) ist bloss die Längendimension durch eine Axe bestimmt und diese Hauptaxe ist die Längsaxe, welche vom Mundpol zum Gegenmundpol geht (z. B. beim Seestern vom Mund zum After, bei der Meduse vom Mund zur Mitte der Glockenwölbung, bei der regulären trichterförmigen Blüthe von der Mündung zum Grunde (Ansatz) der Blüthe. Die anderen Axen, welche durch die Zahl der „Strahlen" bestimmt werden, in der Mitte dieser „Strahlenabschnitte" verlaufen und sich in der Hauptaxe kreuzen, fünf bei den Echino-

dermen und den meisten Dicotyledonen-Blüthen, vier bei den meisten Medusen und vielen Dicotyledonen, drei bei vielen Radiolarien und den meisten Monocyletodonen-Blüthen) nennen wir Kreuzaxen (Stauri).

Eine der häufigsten Erscheinungen, welche der Organismus der höheren Thiere bezüglich seines Aufbaues aus untergeordneten Theilen darbietet, ist die Gliederung oder Segmentirung desselben, d. h. die Bildung von hinter einander in einer Axe gelegenen Abschnitten, deren jeder im Wesentlichen dieselbe Anzahl von Organen in gleicher oder ähnlicher Lagerung, Zusammensetzung, Form etc. wiederholt. Diese Gliederung, wie sie am ausgesprochensten bei den Wirbelthieren, Gliederthieren und Echinodermen auftritt (während sie den Weichthieren in sehr characteristischer Weise abgeht), kann sowohl den Stamm (in der Längsaxe) als die seitlichen Anhänge des Stammes betreffen, welche entweder in der Breitenaxe (bei den Gliederthieren) oder in den Kreuzaxen (bei den Strahlthieren) hinter einander liegen. In beiden Fällen werden die Segmente von Bronn als homonyme Theile bezeichnet. Ganz denselben allgemeinen morphologischen Werth, wie den einzelnen Segmenten oder Zoniten des Wirbel- und Glieder-Thier-Rumpfes, müssen wir auch den einzelnen Stengelgliedern der Phanerogamen zugestehen. Auch diese sind Wiederholungen homonymer Theile in der Hauptaxe. Und ebenso tragen wir kein Bedenken, die Gliederung, die sich in Seitentheilen (Blattorganen) der Phanerogamen ausspricht, z. B. in den gefiederten Blättern, der Gliederung der Seitenanhänge (Extremitäten) bei den Wirbel- und Gliederthieren gleichzusetzen.

Für die richtige Werthschätzung der Rangstufe der subordinirten Formgruppen, aus denen sich der ganze Leib jener gegliederten Thiere und Pflanzen aufbaut, ist es aber durchaus nothwendig, diese beiden Fälle wohl zu unterscheiden. Wir werden daher den von Bronn eingeführten Namen der Homonymie auf das Verhältniss der hinter einander liegenden Segmente beschränken, welche durch Gliederung eines nicht in der Hauptaxe liegenden Seitentheils entstehen, welcher also einer Breitenaxe oder Kreuzaxe entspricht; während wir dagegen die wechselseitige Beziehung derjenigen Segmente, welche durch Gliederung des Rumpfes selbst in der Hauptaxe (Längsaxe) entstehen, als Homodynamie zu bezeichnen vorschlagen. Ferner werden wir der Kürze und Bequemlichkeit halber die Segmente der Hauptaxen oder die homodynamen Theile Metameren, die Segmente der Kreuzaxen (oder Breitenaxen) oder die homonymen Theile Epimeren nennen.

Homonyme Organe in unserem Sinne oder Epimeren sind also z. B. die Extremitäten-Abschnitte (z. B. Oberarm, Vorderarm, Carpus, Metacarpus, Phalangen der vorderen Extremität) der Wirbel-

thiere, ferner die sogenannten Glieder oder Segmente der Extremitäten (z. B. coxa, trochanter, femur, tibia, tarsus) der Gliederthiere, ferner die einzelnen Abschnitte der Armzweige (Pinnulae etc.) bei den Crinoiden, die einzelnen Nesselringe an den Tentakeln der Medusen u. s. w. Im Pflanzenreiche haben wir dem entsprechend als Epimeren oder homonyme Theile alle ähnlichen Gliederbildungen an den Blättern zu betrachten, z. B. die Fiedern der gefiederten Blätter etc.

Homodyname Organe oder Metameren sind dagegen: bei den Wirbelthieren die einzelnen Abschnitte des Rumpfes, deren jeder einem Urwirbel, und am ausgebildeten Thiere einem Wirbel nebst zugehörigen Organen entspricht (einem Rippenpaar, einem Ganglienpaar des Sympathicus, einem Paar austretender Intercostal-Nerven und Gefässe etc.; bei den Gliederthieren ebenso die hinter einander liegenden Segmente oder Glieder des Rumpfes, die bei den Gliederfüssern schon weit differenzirt (heteronom), bei den Würmern dagegen noch sehr gleichartig (homonom) sind, so dass in jedem Stücke dieselben Organe sich wiederholen. Ebenso stark entwickelt wie bei den Wirbel- und Glieder-Thieren ist die Homodynamie oder Metameren-Bildung auch bei den Echinodermen; hier haben wir als Metameren zu betrachten: bei den Echiniden die hinter einander liegenden Plattenpaare jedes Ambulacrums, nebst entsprechendem Segmente des Ambulacralsystems, Nervensystems etc., bei den Asteriden die sogenannten Wirbelstücke oder Pseudovertebrae der Arme,[1]) bei den Crinoiden die Stengelglieder des Stiels etc. Vollkommen diesen entsprechende Metameren sind im Pflanzenreiche die Stengelglieder der Phanerogamen. Die Metameren sind also subordinirte Theile (Glieder) eines Form-Individuums fünfter, die Epimeren dagegen erster, zweiter oder dritter Ordnung.

Die Metameren oder homodynamen Körperabschnitte haben als Gliederungen der Hauptaxe (Längsaxe) natürlich einen weit höheren morphologischen Werth als die Epimeren, welche nur als Gliederungen der Nebenaxen (Breitenaxe oder Kreuzaxen) auftreten. Auch werden wir unten sehen, dass die letzteren im Thierreiche niemals oder nur sehr selten der physiologischen Individualisation fähig sind, welche die ersteren sehr leicht und häufig erlangen. Die Metameren sind bei den niederen Formen des Thierstammes, in welchem sie auftreten, lediglich Multiplicationen der specifischen Form der betreffenden Art, Wiederholungen, welche ursprünglich so unabhängig sind, dass sie

---

[1]) Auf den ersten Blick könnte man mehr geneigt sein, diese Theile der Echinodermen als Epimeren, als homonyme Theile zu betrachten. Indessen lehrt eine tiefere Erfassung der schwierigen Echinodermen-Homologien, dass wir dieselben mit grösserem Rechte als Metameren oder homonyme Theile auffassen. Vergl. hierüber das VI. Buch.

sehr leicht sich von einander abtrennen und dass alsdann jedes einzelne Metamer jene Species-Form mehr oder weniger vollständig repräsentirt. Die Epimeren dagegen vermögen niemals in ähnlicher Weise die Species-Form zu vertreten, da sie eben nicht Wiederholungen des ganzen Organismus, sondern nur Multiplicationen von einzelnen seitlichen Theilen desselben, von Organen verschiedener Ordnung sind. Die Epimeren verhalten sich zu den Metameren ganz analog, wie die Parameren zu den Antimeren.

Die sogenannte Gliederung oder homodyname Zusammensetzung des ganzen Organismus (dessen physiologische Individualität in Form der Person auftritt), wie sie bei den Wirbelthieren, den meisten Gliederthieren, Echinodermen und den meisten Phanerogamen stattfindet, bekundet einen bedeutenden Fortschritt in der Organisation und wir können daher allgemein diese Organismen als höher und vollkommener bezeichnen, im Vergleich zu jenen, bei denen die Metameren-Bildung fehlt, und bei denen mithin das physiologische Individuum selbst nur den Werth eines Metameres erreicht, wie bei den niederen Würmern, den Mollusken etc. Besonders lehrreich für die richtige Auffassung der Homodynamie oder der Metameren-Bildung ist die allmählige Uebergangsreihe von ungegliederten zu gegliederten Formen, wie sie uns die niederen Würmer (besonders Cestoden) zeigen; hier zeigt sich auf das Klarste, wie dieselben Theile (Metameren), die in den niederen Formen als physiologische Individuen auftreten, in den höheren Formen nur den Rang von homodynamen Theilen haben. (Vergl. den IV. Abschnitt des zehnten Capitels).

V. Morphologische Individuen fünfter Ordnung:

Personen oder Prosopen.

(Sprosse oder Blasti.)

Wir gelangen nunmehr im aufsteigenden Stufengange unserer Betrachtung zu derjenigen höheren organischen Formeinheit, welche sowohl der gewöhnliche Sprachgebrauch der Laien, als auch die in der Zoologie (nicht aber in der Botanik!) allgemein herrschende Anschauungsweise als das „Individuum κατ' ἐξοχὴν oder als das „eigentliche“ Individuum aufzufassen pflegt. Obwohl eine unbefangene und tiefer eingehende Betrachtung der organischen Individualität zeigt, dass auch diese „eigentlichen“ oder absoluten Individuen in der That nur relative sind, und auf keine andere individuelle Geltung Anspruch machen können, als sie auch dem Metamer und allen anderen, vorher aufgeführten Individuen niederen Ranges zukommt, und obwohl diese „eigentlichen“ Individuen bei den meisten höheren Pflanzen und

Coelenteraten nur als subordinirte Bestandtheile einer noch höher stehenden Einheit, des Stockes erscheinen, so ist dennoch, ausgehend von der Individualität des Menschen und der höheren Thiere, die irrthümliche Auffassung der morphologischen Individuen fünfter Ordnung als der „eigentlichen" organischen Individuen eine so allgemeine geworden, und hat sich so fest in dem wissenschaftlichen sowohl als im Volks-Bewusstsein eingenistet, dass wir sie als die Hauptquelle der zahlreichen verschiedenartigen Auffassungen und Streitigkeiten, die in Betreff der organischen Individualität herrschen, bezeichnen müssen.

Um diese „eigentliche" Individualität, welche sich durch bestimmte morphologische Eigenschaften mit voller Sicherheit als ein „morphologisches Individuum fünfter Ordnung" scharf characterisiren lässt, ein für allemal von allen anderen organischen Individualitäts-Formen zu unterscheiden, wollen wir für dieselbe beständig die Bezeichnung der **Person** oder des **Prosopon**[1]) beibehalten. Mit diesem Ausdrucke lehnen wir uns unmittelbar an den bestehenden Sprachgebrauch an, welcher ja insbesondere das menschliche Individuum sehr allgemein als „Person" bezeichnet. Die Botaniker gebrauchen zur Bezeichnung derselben morphologischen Individualität fünfter Ordnung den Ausdruck **Spross** oder **Blastus**, welcher sehr häufig irrthümlich durch den keineswegs gleichbedeutenden Ausdruck der Knospe (Gemma) ersetzt wird. Wir machen daher ausdrücklich darauf aufmerksam, dass im Sinne der besten Botaniker, und namentlich im Sinne derjenigen, welche die Individualität der Sprosse am eingehendsten und klarsten behandelt haben, wie **Alexander Braun**, der Ausdruck Spross oder Blastus ausschliesslich in dem hier beibehaltenen Sinne für das **morphologische** Pflanzen-Individuum fünfter Ordnung gebraucht wird. Der Ausdruck **Knospe** oder **Gemma**, welcher so oft damit verwechselt wird, ist dagegen, wenn er einen scharf bestimmten Begriff bezeichnen soll, nur für diejenige rein **physiologische** Individualität irgend einer Ordnung anzuwenden, welche durch den bestimmten ungeschlechtlichen Fortpflanzungs-Modus der **Knospenbildung** (**Gemmatio**) entsteht. Wie wir im siebzehnten Capitel noch näher ausführen werden, ist dieser wichtige Spaltungs-Process durch Gemmation bei organischen Individuen aller Ordnungen weit verbreitet, und es entstehen nicht bloss viele Sprosse durch Knospung, sondern auch viele Zellen, Organe, Metameren und Stöcke. Knospe oder Gemma bedeutet also in diesem correcten und fortan stets festzuhaltenden Sinne ausschliesslich ein durch Knospenbildung erzeugtes Individuum irgend einer Ordnung. **Spross** oder **Blastus** dagegen nennen wir mit **Alexander Braun** u. A. ausschliesslich das echte

[1]) πρόσωπον, τό; *Persona.* βλαστός, ὁ; der Spross.

morphologische *Individuum fünfter Ordnung*. Der pflanzliche Spross, Blastos, ist also mit der thierischen Person, dem Prosopon, identisch und es könnte demnach die erstere Bezeichnung überflüssig erscheinen. Man kann sie aber mit Vortheil beibehalten für diejenigen Personen, welche nicht frei als Bionten leben, sondern als untergeordnete Bestandtheile der höheren Einheit, des Stockes (Cormus) auftreten. Wir werden also fernerhin die morphologischen Individuen fünfter Ordnung nur dann als Sprosse (Blasti) bezeichnen, wenn sie integrirende Bestandtheile eines Individuums sechster Ordnung (Cormus) sind, wie bei den meisten Phanerogamen und Coelenteraten; dagegen als Personen (Prosopa), wenn sie frei als selbstständige Bionten existiren, wie bei den Wirbelthieren, Arthropoden, und bei der sogenannten „einfachen Pflanze" d. h. einer Phanerogamen mit ganz einfacher gegliederter Axe, ohne alle Nebenaxen (Zweige, Ausläufer etc.).

Wenn wir nun in diesem Sinne die Bezeichnung der Person und des Sprosses fest beibehalten, so lässt sich deren Begriff als morphologisches Individuum fünfter Ordnung vollkommen scharf und bestimmt feststellen. Es besteht nämlich das echte Prosopon und der echte Blastos in allen Fällen aus *einer Vielheit von untergeordneten Individuen der ersten bis vierten Ordnung*. Jedes einzelne morphologische Individuum fünfter Ordnung ist also zusammengesetzt aus mindestens zwei Metameren, mindestens zwei Antimeren und ebenso stets aus einer Vielheit von Organen und einer Vielheit von Plastiden. Eine jede physiologische Individualität, welche diesem Begriffe nicht entspricht, wie z. B. die meisten Mollusken, welche nicht aus Metameren zusammengesetzt, sondern selbst ein Metamer sind, können wir nicht als Person anerkennen.

Die Person oder das Prosopon in diesem Sinne ist das morphologische Substrat der physiologischen Individualität bei allen Vertebraten und Arthropoden, allen „gegliederten Thieren" überhaupt (als auch den gegliederten Würmern (Anneliden, Cestoden). Als Spros setzt dieselbe die Stöcke der meisten Coelenteraten und Phanerogame und der höheren Cryptogamen zusammen.

Da das richtige Verständniss dieser wesentlichen Zusammensetzu des Sprosses aus Vielheiten von Individuen aller vier subordinirten O nungen von sehr grosser Bedeutung ist, wollen wir dasselbe an ein Beispielen erläutern. Nehmen wir zunächst das *Wirbelthier* heraus, als concreten Typus das am besten bekannte Wirbelthier, den *Mensc* selbst. Der menschliche Körper besteht zunächst aus zwei Antimeren, rechten und linken Hälfte; er lässt sich ferner zerlegen in eine A hinter einander gelegener homodynamer Abschnitte oder Metameren, die der einzelnen Wirbelsegmente, mit deren jedem sich zugleich ein N paar, ein Gefässpaar, ein gewisser Muskel- und Knochen-Apparat

ganzen Ausdehnung der Längsaxe (der Wirbelsäule) wiederholt. Jedes Metamer und jedes Antimer ist wieder zusammengesetzt aus einem Organcomplexe verschiedener Ordnungen. Die höchsten Organcomplexe, die Apparate, lassen sich zerlegen in Theile von Organsystemen, diese wiederum in heteroplastische Organe, welche ihrerseits theils aus homoplastischen Organen, theils aus Zellfusionen zusammengesetzt sind. In letzter Instanz zeigen sich endlich alle Organe, gleich den letzteren, aus einfachen Zellen aufgebaut. Wir können also das Individuum des ganzen menschlichen Körpers, dessen morphologische und physiologische, vollkommen abgeschlossene und begrenzte Einheit unbestritten ist, nachweisen als eine höchst verwickelte Summe von morphologischen Individuen erster, zweiter, dritter und vierter Ordnung, welche auf die kunstvollste Weise zu einem harmonischen Ganzen, eines Form-Individuum fünfter Ordnung, verbunden sind.

Wesentlich dieselbe Architectonik wie die Wirbelthiere, zeigen uns die Articulaten, bei denen nur die Zusammensetzung der Person aus den Metameren wegen ihrer äusserlichen Gliederung schon auf den ersten Blick viel auffallender erscheint als bei den innerlich gegliederten Vertebraten. Nur auf den niedersten Stufen des Articulaten-Kreises, bei den Infusorien und den nächstverwandten Turbellarien, Trematoden und solitären Cestoden (Caryophyllaeus), bei den Nematoden, Gephyreen und bei einigen anderen, nicht gegliederten Wurmgruppen erhebt sich das Bion nur zum vierten morphologischen Individualitäts-Range, zum Metamer. Bei den übrigen Würmern, sowie bei allen Arthropoden tritt eine Vielheit von solchen Metameren zur Bildung der Person zusammen. Der bald dipleure, bald tetrapleure Körper besteht hier allgemein aus zwei oder vier Antimeren, und einer Kette hinter einander gelegener Metameren, deren jedes einen verwickelt gebauten Complex von Organen darstellt, die ihrerseits wieder aus einem Vielheit von Plastiden zusammengesetzt sind.

Dieselbe tectologische Composition finden wir bei allen Echinodermen wieder, wo jedes Antimer (deren gewöhnlich fünf sind) deutlich aus einer Kette hinter einander gelegenen Metameren zusammengesetzt ist. Diese Zusammensetzung ist bei den Holothurien oft nur innerlich (wie bei den Vertebraten), dagegen bei den Echiniden, Asteriden und Crinoiden innerlich und äusserlich scharf ausgesprochen.

Weniger leicht ist die Gliederung der Personen bei den meisten Coelenteraten zu erkennen, insbesondere bei vielen Anthozoen und Hydroidpolypen. Bei den Anthozoen, die gewöhnlich nicht für gegliedert gelten, wird die Zusammensetzung der Metameren theils durch äussere ringförmige Einkerbung (viele Actinien), theils durch äussere und innere scharfe Gliederung (z. B. sehr deutlich bei den Isidinen), theils durch Bildung horizontaler (auf der Längsaxe des Körpers senkrechter) Scheidewände (Dissepimenta) angedeutet. Die letzteren sind bald vollständig durchgehende Platten, welche die Person deutlich in eine Anzahl über (oder hinter) einander gelegener Metameren (Kammern, Stockwerke) scheiden (Tabulae, Planchers, Böden), bald unregelmässigere und theilweis unterbrochene Septa, welche innerhalb oder ausserhalb des „Kelches“ (der Person) die Gliederung andeuten (Dissepimenta endothecalia und exothecalia). Bei den Stöcken

der Hydroidpolypen sind die Grenzen der Metameren meistens an den Ringelungen oder Gliederungen der Hauptsprossen und Seitensprossen (Personen) zu erkennen, welche die Stöcke zusammensetzen, bei den meisten Siphonophoren an der regelmässigen Wiederholung der Metameren („Individuen") an den primären und secundären Sprossen der Stöcke.

Durch die Coelenteraten, und insbesondere die Hydromedusen, werden wir unmittelbar zu den Pflanzen hinübergeführt, unter denen uns die Phanerogamen und höheren Cryptogamen wesentlich dieselbe tectologische Zusammensetzung erkennen lassen. Diejenige Individualität, welche wir bei den Coelenteraten-Stöcken mit Recht als „Einzelthier" betrachten und der Person der Articulaten und Vertebraten an die Seite stellen, wird hier bei den höheren Pflanzen durch den Spross oder Blastus vertreten, d. h. durch diejenigen Theile des Pflanzenstockes, welche als eigene „Axen" oder „Seitenaxen," als selbstständige, aus einem Axenorgan (Stengel) und Blättern (Blattorganen) zusammengesetzten Theile, von der „Hauptaxe" der ursprünglichen Einzelpflanze seitlich abgehen. Mit seltenen Ausnahmen (Viscum) ist jeder dieser seitlichen Sprosse ebenso aus einer Anzahl von hinter einander gelegenen Metameren (Stengelgliedern, Internodia) zusammengesetzt, wie bei den meisten Coelenteraten und Articulaten und bei allen Vertebraten. Auch die verschiedene Art und Weise, in welcher diese gegliederten Sprosse zu der höheren Individualität des Stockes zusammengesetzt sind, erscheint bei den Phanerogamen durchaus analog, wie bei den Coelenteraten, bei den Anthozoen und Hydromedusen.

In der That ist es überraschend, dieselbe wesentliche Zusammensetzung der Person in der ganzen Organismen-Welt, vom Moose bis zum Baume, vom Bandwurm bis zum Menschen überall wieder zu finden. Stets ist das morphologische Individuum fünfter Ordnung, welches eine so grosse physiologische Rolle spielt, aus einer Vielheit von Metameren und Antimeren zusammengesetzt, deren jedes wieder aus einem Organ-Complex besteht. Niemand hat vielleicht dieser grossen Wahrheit sich mehr genähert als Goethe, dessen klarer Blick das innere Wesen der „organischen Naturen" ohne Mikroskop richtiger erkannte, als das mit dem Mikroskop bewaffnete Auge der gedankenlosen Naturforscher von Fach.[1])

---

[1]) Ausser der p. 240 angeführten Stelle, in welcher Goethe die fundamentalen Gesetze der Aggregation und Differenzirung (Arbeitstheilung) lange vor Bronn und Milne Edwards ausspricht, und einzelnen anderen Stellen in der „Metamorphose der Pflanze" ist besonders nachfolgender, von Eckermann (Gespräche mit Göthe, 1837, Vol. II, p. 65) verzeichneter Ausspruch Göthe's sehr merkwürdig: „Grosse Geheimnisse liegen noch verborgen, manches weiss ich, von vielem habe ich eine Ahnung. Etwas will ich Ihnen vertrauen und mich wunderlich dabei ausdrücken. Die Pflanze geht von Knoten zu Knoten, und schliesst zuletzt ab mit der Blüthe und dem Samen. In der Thierwelt ist es nicht anders. Die Raupe, der Bandwurm geht von Knoten zu Knoten und bildet zuletzt einen Kopf; bei den höher stehenden Thieren und Menschen sind es die Wirbelknochen, die sich anfügen und anfügen, und mit dem Kopfe abschliessen, in welchem sich die Kräfte concentriren. Was so bei Einzelnen geschieht, ge-

In allen angeführten Fällen, also bei der grossen Mehrzahl aller Thiere und Pflanzen, und insbesondere bei fast allen vollkommeneren Formen beider Reiche, sehen wir die Person oder den Spross durch seine Gliederung oder Articulation characterisirt, d. h. dadurch, dass eine Anzahl homodynamer Theile (Metameren) in der Hauptaxe (Längsaxe) des aus Antimeren zusammengesetzten Körpers hinter einander liegen. Gewöhnlich kömmt diese Gliederung dadurch zu Stande, dass ein ursprünglich einfaches Metamer eine Kette von Terminalknospen treibt, welche durch unvollständige Scheidewände (Knoten, Nodi) getrennt werden und vereinigt bleiben. Wir können also diese ganz characteristische, typische Form der Person, welche bei den meisten höheren Thieren als Bion, bei den meisten Coelenteraten und Pflanzen als Theil des Stockes erscheint, definiren als eine Kette von hinter einander gelegenen Metameren, durch Terminalknospung entstanden. (Vergl. das siebzehnte Capitel).

Nun existiren aber ausser diesen Metameren-Complexen, welche alle in ihrer gegliederten Kettenform übereinstimmen, noch andere Metameren-Colonieen, welche sich wesentlich durch den gänzlichen Mangel der Terminalknospung von den ersteren unterscheiden und dadurch ein so verschiedenes Ansehen erhalten, dass man dieselben allgemein mit den Form-Individuen sechster Ordnung, den echten Stöcken oder Cormen vereinigt hat. Es gehören hierher alle jene stockähnlichen Synusieen oder Colonieen, welche nicht aus gegliederten Personen, sondern aus ungegliederten Metameren zusammengesetzt sind. Dies ist der Fall nur bei sehr wenigen Pflanzen, z. B. bei *Viscum*, dagegen bei sehr zahlreichen Thieren, nämlich den meisten stockbildenden Mollusken. Gleich den echten Stöcken oder Cormen, mit denen sie allgemein (aber nicht mit Recht!) zusammengestellt werden, entstehen diese Pseudo-Cormen, welche insbesondere bei den Tunicaten und Bryozoen eine so mannichfaltige Entwickelung erreichen, durch laterale Knospenbildung. Die Knospen sind aber keine echten Sprosse, gleich den gegliederten Sprossen oder Blasten der meisten Pflanzen und Coelenteraten, sondern einfache ungegliederte Metameren, über deren morphologische Aequivalenz mit den frei lebenden „Einzelthieren" der höheren Mollusken kein Zweifel bestehen kann. Gleich diesen sind sie aus zwei Antimeren und aus vielen Organen und Plastiden zusammengesetzt,

---

schieht auch bei ganzen Corporationen. Die Bienen, auch eine Reihe von Einzelheiten, die sich an einander schliessen, bringen als Gesammtheit etwas hervor, das auch den Schluss macht und als Kopf des Ganzen anzusehen ist, die Bienenkönigin. Wie dieses geschieht, ist geheimnissvoll, schwer auszusprechen; aber ich könnte sagen, dass ich darüber meine Gedanken habe. So bringt ein Volk seine Helden hervor, die gleich Halbgöttern zu Schutz und Heil an der Spitze stehen."

[illegible] ...ausgabe auf ein-
[illegible] ...bestimmen, als Form-In-
[illegible]

[illegible] ...wesentlich in
[illegible] ...einzelne Person
[illegible] ...werden wir
[illegible] ...Bryozoen.
[illegible] ...anderen Lein-
[illegible] ...Stöcke oder
[illegible] ...Richtig-
[illegible] ...erscheinen
[illegible] ...Cölenteraten-
[illegible] ...vorangegangene
[illegible] ...ge-
[illegible] ...sondern, son-
[illegible] ...eine
[illegible] ...sichert
[illegible] ...com-
[illegible] *...ornata*
[illegible] ...merien
[illegible] ...kommen
[illegible]

flüssig erscheint, dieselben als zwei verschiedene Arten von Form-Individuen fünften Ranges neben einander zu stellen; die letzteren kann man Prosopa catenata, die ersteren Prosopa fruticosa nennen.

Wollte man die bisherige Auffassung der Tunicaten- und Bryozoen-Stöcke und der analogen gliederlosen Pflanzenstöcke (*Viscum* etc.) als echte Stöcke oder Cormen beibehalten, so würde dadurch sowohl der festbestimmte morphologische Character der Person als einer Vielheit von verbundenen Metameren, als auch der festbestimmte morphologische Character des Cormus als einer Vielheit von verbundenen Personen vernichtet werden, und wir würden uns ganz ausser Stande sehen, denselben durch irgend eine andere, klare und bestimmte Definition zu ersetzen. Es ist allerdings richtig, dass die sogenannten Stöcke der Mollusken, von *Viscum* etc., äusserlich den echten Stöcken der meisten Phanerogamen und der meisten Coelenteraten weit mehr gleichen, als den einfachen Sprossen derselben und den Personen der Articulaten und Vertebraten. Allein diese äussere Aehnlichkeit ist lediglich durch die gleiche Entstehungsweise, durch die laterale Knospung bedingt, und muss zurücktreten hinter der viel wichtigeren morphologischen Aequivalenz aller Personen als Complexen von Metameren. In den Ketten-Personen ist in der Regel der Zusammenhang der einzelnen Metameren (Zoniten, Internodien) ein viel innigerer als in den Busch-Personen, wo die einzelnen Metameren weit selbstständiger erscheinen. Allein bei den niederen Würmern und insbesondere bei den Cestoden wird auch die physiologische Selbstständigkeit der Internodien so gross, dass man dieselben desshalb irrig als Einzelthier, äquivalent eine Person, aufgefasst hat. Dieser Umstand zeigt deutlich wie allein schon die grössere physiologische Selbstständigkeit eines organischen Individuums dazu verleiten kann, demselben einen höheren morphologischen Rang zuzuschreiben, als dasselbe wirklich besitzt.

Wir können demnach allgemein zwei verschiedene Formen der morphologischen Individualität fünfter Ordnung unterscheiden:

I. Ketten-Personen (Prosopa catenata), entstanden durch terminale Knospenbildung der Metameren: „Eigentliche Individuen" oder Personen der Wirbelthiere, der meisten Gliederthiere (aller Arthropoden, Anneliden und vieler niederer Würmer, Bandwurmketten etc.), aller Echinodermen und der meisten Coelenteraten; gegliederte (aus Internodien zusammengesetzte) Sprosse der Pflanzen (der meisten Phanerogamen und höheren Cryptogamen).

II. Busch-Personen (Prosopa fruticosa), entstanden durch laterale Knospenbildung der Metameren: Sogenannte Stöcke (Pseudo-Cormen) der Mollusken (Tunicaten, Bryozoen), vieler Coelenteraten (ohne Rumpfgliederung) und einzelner Phanerogamen (ohne Stengelgliederung) *Viscum* etc., sowie vieler Cryptogamen.

VI. Morphologische Individuen sechster Ordnung:

Stöcke oder Cormen.

Den höchsten Grad morphologischer Vollendung in der Zusammensetzung aus verschiedenen Individualitäten finden wir bei denjenigen Organismen, bei welchen eine Vielheit von Personen oder Sprossen sich zu der höheren Einheit des Stockes oder Cormus verbindet. Es ist dies die sechste und letzte Stufe, welche der Organismus in seiner fortschreitenden Structur-Verwickelung erreicht.

Unter Stock oder Cormus verstehen wir ausschliesslich diejenige organische Formeinheit, welche aus einer Vielheit von Personen oder Form-Individuen fünfter Ordnung zusammengesetzt ist. In dieser ihrer Eigenschaft als untergeordnete Bestandtheile eines Stockes bezeichnen wir die Personen mit dem Namen der Sprosse oder Blasten. Wir schliessen also aus dem morphologischen Begriffe des Cormus alle diejenigen stockähnlichen Bildungen aus, welche sowohl in der Botanik als in der Zoologie sehr oft als Stöcke bezeichnet werden, ohne wirkliche Cormen zu sein. Als solche Pseudo-Cormen haben wir im vorigen Abschnitt die sogenannten Stöcke der meisten Tunicaten und Bryozoen kennen gelernt, welche bloss den Rang der Personen besitzen. Solche falsche Stöcke sind ferner die sogenannten Stöcke vieler niederer Pflanzen und Protisten, bei welchen die Componenten des stockähnlichen Gebildes nicht Individuen fünfter, sondern erster Ordnung sind, einfache Cytoden oder Zellen (z. B. die Stöcke der Diatomeen, Volvocinen und vieler Thallophyten, besonders Algen). Alle diese Scheinstöcke oder Pseudocormen stimmen nur darin mit den echten Stöcken oder Cormen überein, dass sie (meistens ziemlich lockere) Verbindungen von Individuen einer subordinirten Ordnung darstellen, niemals aber von echten Individuen fünfter Ordnung. Es ist also lediglich die Zusammensetzung aus untergeordneten Individualitäten, meistens noch verstärkt durch eine äussere Aehnlichkeit, welche zu der allgemeinen Verwechselung der echten mit den Scheinstöcken geführt hat. Besonders die Art der äusseren Spaltung, nämlich die laterale Knospenbildung, welche Beiden gemeinsam ist, scheint jenen Mangel einer sehr wichtigen Unterscheidung bewirkt zu haben. Bei vielen Scheinstöcken von Diatomeen, Flagellaten, Algen und Nematophyten sind es einzelne Plastiden, bei den vorher besprochenen Scheinstöcken von *Viscum*, von den Bryozoen und Tunicaten sind es einzelne Metameren, welche durch fortgesetzte lat rale Knospenbildung ganz ähnliche verzweigte Bildungen produciren, wie die stockbildenden Personen. Es ist aber für die allgemeine Morphologie von der grössten Wichtigkeit, den wesentlichen Unterschied zwischen diesen echten Stöcken

sechster Ordnung und jenen falschen Scheinstöcken fünfter Ordnung (Personen) oder zweiter Ordnung (Organen) zu erkennen. Der Ausdruck Colonie oder Gemeinde (Synusie) lässt sich auf alle diese stockartigen Verbindungen gemeinsam anwenden und bedeutet nichts als die Vereinigung einer Vielheit von Individuen niederer Ordnung zu einer morphologischen Einheit höherer Ordnung. Der echte Stock oder Cormus aber ist eine ganz bestimmte Art dieser Colonieen, nämlich nur diejenige, höchste und vollkommenste Art, welche aus Individuen fünfter Ordnung oder Personen zusammengesetzt ist.

Da der Cormus die höchste und letzte von allen sechs Individualitäts-Ordnungen ist, so kann er niemals als integrirender Bestandtheil einer höheren Ordnung auftreten, wie alle fünf untergeordneten Individualitäten und es fällt daher in gewissem Sinne stets die morphologische und physiologische Individualität in ihm zusammen. Da der morphologische Character der Person oder des Sprosses, wie wir vorher sahen, ein ganz bestimmter ist, so muss auch gleicherweise derjenige des Stockes, welcher stets eine Vielheit von Sprossen ist, vollkommen fest bestimmt sein. Jeder Stock besteht demnach nicht allein aus einer Mehrheit von Personen, sondern auch natürlich aus einer Mehrheit von Metameren, Antimeren, Organen und Plastiden, weil ja jeder einzelne Spross allein schon eine Vielheit von diesen vier untergeordneten Individualitäten repräsentirt.

Die echten Stöcke oder Cormen erreichen ihre höchste Entwickelung und weiteste Verbreitung im Pflanzenreiche, wo die allermeisten Phanerogamen und höheren Cryptogamen sich zu festsitzenden Stöcken entwickeln. Nur sehr wenige Phanerogamen bleiben auf einer niedrigeren Stufe der Individualität stehen, wie z. B. *Viscum* (als Busch-Person) und die „einfachen“ (nicht verästelten) Pflanzen (als Ketten-Personen) auf der Stufe der Person. Ausnahmsweise kommen solche ganz einfache Personen (astlose Hauptsprosse mit einer einzigen einfachen Blüthe) auch bei solchen Species vor, die gewöhnlich einen verzweigten Stock bilden, z. B. *Radiola millegrana, Erythraea pulchella, Saxifraga tridactylites.* Constant auf der Stufe des Metameres (oder selbst des Antimeres?) bleibt das actuelle Bion bei *Lemna* stehen.

Im Protistenreiche scheinen echte Stockbildungen im Ganzen sehr selten zu sein. Es lassen sich, wie oben bemerkt wurde, nur die Colonieen der Radiolarien (Polycyttarien) und der Spongien mit vielen Osculis (*Clathria, Halichondria* etc.) dahin rechnen. Jedoch verharrt auch hier, wie bei den meisten Protisten, die Individualität überhaupt auf einer so niederen Stufe der Differenzirung, dass man selbst gegen jene Deutung erhebliche Zweifel geltend machen könnte. Die meisten sogenannten Stöcke der Protisten (z. B. Diatomeen, Flagellaten)

sind falsche Stöcke, die nur den morphologischen Rang von Individuen zweiter Ordnung (Organen) beanspruchen können.

Viel weniger ausgedehnt und entwickelt, als bei den Pflanzen, ist die echte Stockbildung im Thierreiche, wo dieselbe ausschliesslich auf wenige Formen des Mollusken-Stammes und auf viele Thiere des Coelenteraten-Phylum beschränkt bleibt. Gänzlich fehlt dieselbe im Stamme der Wirbelthiere und Gliederthiere. Was man bei den niedersten Gruppen der letzteren, bei den niederen Anneliden und den socialen Cestoden als Stöcke bezeichnet hat, sind in der That nur Ketten-Personen, (gleich den Arthropoden und Vertebraten) und was man „eigentliche Individuen" (äquivalent den Personen) genannt hat (Proglottiden oder Glieder) sind Metameren. Nur einige Anneliden stellen vorübergehend das Bild von echten Stöcken dar, so lange nämlich als mehrere durch terminale Knospung hinter einander entstandene Personen (Metameren-Ketten) mit einander vereinigt bleiben. Da dieselben sich jedoch nach ihrer vollständigen Ausbildung alle vom elterlichen Thiere ablösen, bleiben sie niemals dauernd in dieser eigenthümlichen Bildung eines „Ketten-Stockes" vereinigt. Was man bei dem Stamme der Mollusken, in den Klassen der Tunicaten und Bryozoen als Stockbildung bezeichnet hat, sind grösstentheils falsche Stöcke vom Range der Personen, und zwar gewöhnlich Busch-Personen (die meisten Bryozoen und Tunicaten), seltener Ketten-Personen (Salpen). Die sogenannten „solitären" Tunicaten (*Doliolum*, solitäre Generation von *Salpa, Phallusia* etc.) sind Bionten vom Formen-Werthe der Metameren, wie alle höheren Mollusken. Echte Stöcke giebt es nur bei sehr wenigen niederen Mollusken, nämlich bei den Botrylliden oder „Ascidiae compositae," und bei den gegliederten Bryozoen. Bei den Botrylliden sind die Cormen aus den sogenannten „Systemen" zusammengesetzt. Jedes System ist ein morphologisches Individuum fünfter Ordnung, eine Person, zusammengesetzt aus mehreren (meist 5—10, oft aber auch über hundert) Metameren, welche hier aber nicht longitudinal, sondern radial, Antimeren ähnlich, um eine einzige gemeinsame Egestionsöffnung (Kloake) gruppirt sind. Gewöhnlich werden dieselben als „eigentliche" Individuen oder Einzelthiere betrachtet, verdienen aber vielmehr, wie vorher gezeigt wurde, als Metameren aufgefasst zu werden. Man könnte vielleicht geneigt sein, dieselben wegen ihrer radialen Zusammenordnung lieber nur als Antimeren aufzufassen. Allein offenbar ist hier diese Anordnung nicht von maassgebender Bedeutung, da auch bei *Salpa pinnata* (und den ähnlichen Salpellen) die Metameren in einem Kreise um eine Längsaxe stehen, während sie bei den übrigen Salpen bald schief, bald ganz quer in regelmässig gegliederte Ketten gestellt sind. Die „Bryozoa articulata" aus der Gruppe der Chilostomen (Catenicelliden, Cellulariden und

Salicornariden) zeichnen sich vor den übrigen Bryozoen dadurch aus, dass alle einzelne Zweige (Personen) des Stockes deutlich gegliedert, aus Metameren zusammengesetzt und mithin der Stock ein echter Cormus ist. Dasselbe gilt auch von der Mehrzahl der Coelenteraten-Stöcke, wo die Gliederung der Personen, ihre Zusammensetzung aus Metameren, sowohl bei den Anthozoen als Hydroidpolypen meist deutlich ausgesprochen ist. Doch kommen daneben auch vielfach falsche Scheinstöcke ohne Gliederbildung vor, zusammengesetzt aus Bionten vom Werthe der Metameren, welche sich zu Busch-Personen vereinigt haben. Die Echinodermen gelten gewöhnlich sämmtlich für „einfache Individuen", d. h. Personen und man nimmt an, dass ihnen Stockbildung gänzlich fehlt. Indessen ist es uns, wie wir im sechsten Buche näher zeigen werden, höchst wahrscheinlich, dass alle Echinodermen echte Cormen sind, nämlich Articulaten-Stöcke, entstanden durch radiale Verbindung von (meistens fünf) gegliederten Würmern, welche sich in ähnlicher Weise eine gemeinsame Ingestionsöffnung bildeten, wie die Botrylliden unter den zusammengesetzten Ascidien sich eine gemeinsame Egestionsöffnung (Kloake) gebildet haben. Diese Hypothese scheint uns sowohl in der anatomischen Verwandtschaft der Echinodermen und Würmer, als besonders in ihrer Entwickelungsgeschichte begründet zu sein. Es würden in diesem Falle die Echinodermen für die vollkommensten von allen Thierstöcken zu halten sein, bei denen die Centralisation des Cormus, die einheitliche Ausbildung des ganzen Stockes ihren höchsten Grad erreicht hat.

Die allermeisten Cormen entstehen, wie wir im achtzehnten Capitel sehen werden, durch laterale Knospenbildung von Personen und bleibende Vereinigung dieser Sprosse. Dahin gehören die allermeisten Stöcke der Phanerogamen und der Hydroidpolypen. Auch sehr viele Anthozoenstöcke entstehen durch diesen Spaltungs-Modus. Andere Anthozoen, und zwar vorzugsweise die Astraeiden, entstehen durch unvollständige Längstheilung und Diradiation von Personen. Viel seltener, und bei den Phanerogamen, wie es scheint, nur als Monstrosität, findet sich die Selbsttheilung von Personen im Pflanzenreiche vor, wo sie zu der eigenthümlichen Stockform führt, welche man Fasciation nennt (sehr eigenthümlich z. B. bei der Hahnenkammpflanze, *Celosia cristata*, und bei einigen monströsen Cacteen, *Mammillaria* etc.).

Die verschiedenen Formen der Stöcke sind ausserordentlich mannichfaltig und bieten in den beiden Stämmen der Cormophyten und Coelenteraten zahlreiche und oft sehr auffallende Analogieen dar. Hauptsächlich ist hierbei bestimmend die Eigenthümlichkeit der ersten Person (Hauptspross, Blastus primarius) von welcher die Knospenbildung ausgeht, und ihr Verhältniss zu den übrigen Sprossen oder Seitensprossen (Blasti secundarii). Je stärker sich die Hauptaxe im Ver-

hältniss zu den Seitensprossen entwickelt, je mehr sie über diese das Uebergewicht behält, desto entschiedener tritt der individuelle Character des Cormus hervor; je weniger dies der Fall ist, desto mehr erscheint der ganze Stock nur als ein Aggregat von coordinirten Personen (Sympodium).

Je nach der unterirdischen oder oberirdischen Entwickelung des Hauptsprosses (Blastus primarius) und je nach dem gegenseitigen Verhalten des Hauptsprosses zu den Seitensprossen (Blasti secundarii), sowie nach der Differenzirung der letzteren in geschlechtslose und geschlechtlich entwickelte, lassen sich bei den Pflanzenstöcken zahlreiche, mit sehr verschiedenen Namen benannte Stockformen unterscheiden. Zunächst kann man als zwei Hauptgruppen allgemein einfache und zusammengesetzte Stöcke trennen. Einfache Stöcke (Cormi simplices) nennen wir solche, bei denen entweder alle Sprosse sexuell sind, oder bloss der Hauptspross geschlechtslos, alle Nebensprosse aber geschlechtlich entwickelt sind, z. B. alle unverästelten einjährigen Gräser, jede einjährige verästelte Pflanze, bei welcher alle Aeste terminale Blüthen tragen, einfache Pflanzen mit einer einzigen Doldenblüthe, z. B. *Androsace maxima,* einfache, unverästelte, einjährige Compositen mit einem einzigen Blüthenköpfchen. Letztere finden sich z. B. bei *Arnoseris pusilla, Anacyclus officinalis* und ausnahmsweise bei *Erigeron canadense, Chrysanthemum segetum* etc. Zusammengesetzte Stöcke (Cormi compositi) dagegen sind solche, bei denen nicht bloss der Hauptspross, sondern auch ein Theil der Nebensprosse geschlechtslos, der übrige Theil der Nebensprosse geschlechtlich differenzirt ist, wie dies bei den allermeisten Phanerogamen der Fall ist. Unter diesen unterscheiden die Botaniker dann weiter einjährige Stöcke oder Stengel (Caules) und mehrjährige zusammengesetzte Stöcke oder Stämme (Trunci). Ferner nennen dieselben solche Pflanzen, welche unterirdische Stämme und oberirdische Stengel haben, Stauden (Suffrutices), sodann Stämme, welche von unten auf verästelt sind, ohne Vorherrschen des Hauptstammes, Büsche (Frutices), und endlich Stämme, deren untere Aeste bald absterben, so dass die oberen eine Krone bilden, Bäume (Arbores).

Ganz ähnliche Unterschiede in der Stockbildung, wie diese bei den Phanerogamen eingeführten, liessen sich dann auch bei den Coelenteraten machen, welche echte Stöcke bilden, bei den Anthozoen und Hydromedusen. Indessen sind hier auch verschiedene andere, namentlich die durch longitudinale Theilung entstandenen Stockformen zu berücksichtigen, welche im Pflanzenreiche entweder gar nicht oder nur bei den Thallophyten vorkommen. Ferner würde man hier insbesondere zu unterscheiden haben zwischen solchen Stöcken, welche gleich den meisten Phanerogamen aus Ketten-Personen, zusammenge-

setzt sind, und solchen, welche bloss aus Busch-Personen bestehen. Zu letzteren, die man Busch-Stöcke (Cormi fruticosi) nennen kann, gehören die Mollusken-Stöcke der Botrylliden und vieler Bryozoen, zu ersteren, die man Glieder-Stöcke (Cormi articulati) nennen kann, die meisten Coelenteraten-Stöcke. Da jedoch dieselben sehr schwierig zu classificiren und bisher nicht mit genügender Logik untersucht sind, so können wir auf eine Aufzählung derselben hier verzichten.

Für eine naturgemässe Erkenntniss der echten Stöcke und ihres Verhältnisses zu den untergeordneten Form-Individuen, sowie für eine richtige tectologische Beurtheilung des Verhältnisses der sechs Individualitäts-Ordnungen zu einander ist keine Thiergruppe von solcher hohen Bedeutung, wie die der Coelenteraten, und insbesondere die Abtheilungen der Siphonophoren und der stockbildenden Corallenthiere (Anthozoen). Die vollkommene morphologische Parallele derselben mit den Phanerogamen lässt sich durch alle sechs Ordnungen der morphologischen Individualität und sogar durch ihre untergeordneten Neben-Kategorieen hindurchführen. Als zusammengesetzter Stock entspricht der blühende Baum vollständig dem geschlechtsreifen Corallenstock. Beide sind aus einer Vielheit vom geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Personen aufgebaut. Jede Person, jeder Blüthenspross des Baums, jeder „Polyp" des Corallenstocks, besteht wiederum aus einer Vielheit von Metameren oder Stengelgliedern (Blattkreise der Blüthe, Stockwerke der Polypen), und aus einer Vielheit von Antimeren („Strahlstücken.") Jedes Metamer und jedes Antimer ist eine Vielheit von Organen verschiedener Ordnung, von Epimeren (Glieder der einzelnen Blätter, der einzelnen Tentakeln) und von Parameren (Hälften der eudipleuren Blätter und Tentakeln). Endlich ist zuletzt jede dieser morphologischen Einheiten eine Vielheit oder Synusie von mehreren verbundenen Form-Individuen erster Ordnung oder Plastiden.

Zehntes Capitel.

Physiologische Individualität der Organismen.

„Das Anerkennen eines Neben-, Mit- und Ineinanderseins und Wirkens verwandter lebendiger Wesen leitet uns bei jeder Betrachtung des Organismus und erleuchtet den Stufenweg vom Unvollkommenen zum Vollkommenen."

Goethe.

I. Die Plastiden als Bionten.

Physiologische Individuen erster Ordnung.

Jede der sechs wesentlich verschiedenen Formeinheiten, welche wir im vorigen Capitel als sechs verschiedene Ordnungen der morphologischen Individualität unterschieden haben, tritt bei gewissen Organismen-Arten als physiologisches Individuum oder Bion auf. Wir haben mit diesem Ausdruck diejenige einheitliche Raumgrösse bezeichnet, welche als lebendiger Organismus, als centralisirte Lebenseinheit, vollkommen selbstständig längere oder kürzere Zeit hindurch eine eigene Existenz zu führen vermag; eine Existenz, welche sich in allen Fällen in der Bethätigung der allgemeinsten organischen Function äussert, in der Selbsterhaltung durch Stoffwechsel. Auch andere Lebensfunctionen, die Fortpflanzung oder die Erhaltung der Art, sowie die Vermittelung ihrer Beziehungen zur Aussenwelt, z. B. durch Ortsbewegungen, vermag das physiologische Individuum zu verrichten, ohne dass jedoch die Verrichtung dieser Functionen als nothwendig zum Begriffe des Bion betrachtet werden müsste. Das Bion oder Functions-Individuum

ist demnach keineswegs, wie das morphologische Individuum, eine untheilbare Raumgrösse, die wir im Momente der Beurtheilung als unveränderlich anzusehen haben (untheilbar in dem Sinne, dass wir keinen Theil von ihr wegnehmen können, ohne ihren Character als Form-Individuum zu vernichten). Vielmehr ist das physiologische Individuum eine einheitliche, zusammenhängende Raumgrösse, welche wir als solche längere oder kürzere Zeit hindurch leben, d. h. sich in der allgemeinen Lebensbewegung, im Stoffwechsel, erhalten sehen, und welche wir also im Momente der Beurtheilung als veränderlich ansehen; auch können sich Theile von dem Functions-Individuum ablösen, ohne dass seine Individualität, d. h. sein Fortbestehen als selbstständige Lebenseinheit dadurch gefährdet wird, und wenn das Bion sich fortpflanzt, geschieht sogar diese Ablösung von Theilen, die sich zu neuen Bionten zu entwickeln vermögen, regelmässig. Wir können demnach den wichtigen Unterschied zwischen der morphologischen und physiologischen Individualität kurz dahin zusammenfassen: Das physiologische Individuum (Bion) ist eine einzelne organische Raumgrösse, welche als centralisirte Lebenseinheit der Selbsterhaltung fähig und zugleich theilbar ist, und welche wegen der mit diesen Functionen verbundenen Bewegungen nur als eine in verschiedenen Zeitmomenten veränderliche erkannt werden kann. Das morphologische Individuum (erster bis sechster Ordnung) dagegen ist eine einzelne organische Raumgrösse, welche als vollkommen abgeschlossene Formeinheit untheilbar ist, und welche in diesem ihren Wesen nur als eine in einem bestimmten Zeitmomente unveränderliche erkannt werden kann.

Wie wir bereits oben zeigten (p. 266) vermag jede der sechs morphologischen Individualitäten verschiedener Ordnung, welche im vorigen Capitel characterisirt wurden, die physiologische Individualität zu repräsentiren, und jedes Bion, welches als der reife Repräsentant der Species einen höheren morphologischen Individualitäts-Grad besitzt, muss, falls es sich aus einem befruchteten Ei oder einer unbefruchteten Plastide (Spore) entwickelt, während seines Entwickelungs-Cyclus alle vorhergehenden niederen Individualitäts-Grade durchlaufen haben. Dieses wichtige Verhältniss wird im siebzehnten Capitel näher erläutert werden, woselbst auch das physiologische Individuum als die Einheit des individuellen Entwickelungs-Kreises eingehender wird gewürdigt werden. Hier ist unsere Aufgabe nur, nachzuweisen, dass in der That jede der sechs morphologischen Individualitäts-Stufen als Bion fungiren kann. Es wird jedoch, bevor wir in dieser Beziehung die sechs verschiedenen Ordnungen organischer Form-Einheiten durchgehen, noth-

wendig sein, zu unterscheiden zwischen drei wesentlich verschiedenen Erscheinungsweisen oder Arten der physiologischen Individualität, welche allgemein als das actuelle Bion (oder das Bion im engeren Sinne), das virtuelle oder potentielle Bion und das partielle oder scheinbare Bion bezeichnet werden können.

I. Actuelles Bion oder physiologisches Individuum im engeren Sinne ist jedes vollständig entwickelte organische Individuum, welches den höchsten Grad morphologischer Individualität erreicht hat, der ihm als reifen, ausgewachsenen Repräsentanten der Species zukommt. Dieser Grad ist für jede organische Species ein bestimmter. Es ist also z. B. das actuelle Bion bei den Phanerogamen ein morphologisches Individuum sechster, bei den Wirbelthieren fünfter, bei den meisten Mollusken vierter, bei den Spongien (?) dritter, bei den Volvocinen zweiter, bei den einzelligen Algen erster Ordnung.

II. Virtuelles Bion oder potentielles physiologisches Individuum ist jedes unentwickelte organische Individuum, so lange es noch nicht den höchsten Grad morphologischer Individualität erreicht hat, welcher ihm als reifen, ausgewachsenen Repräsentanten der Species zukommt, und zu welchem es sich entwickeln kann. Dieser Grad ist zu verschiedenen Zeiten, in verschiedenen Stadien oder Perioden der individuellen Entwickelung ein verschiedener. Es ist also z. B. beim Menschen und bei den Wirbelthieren überhaupt das virtuelle Bion zuerst ein morphologisches Individuum erster (Ei), dann zweiter (Blastoderma), dann dritter (Embryonal-Anlage ohne Primitivstreif), dann vierter (Embryo mit Primitivstreif), dann endlich fünfter Ordnung (Embryo mit Primitivrinne und Urwirbelkette). Bei den Anthozoen, welche Stöcke bilden, z. B. den Astraeiden, ist das virtuelle Bion im ersten Stadium der Entwickelung (als einfaches Ei) ein morphologisches Individuum erster, dann (als kugeliger Zellenhaufen) zweiter, dann (als protaxonier, noch nicht diradiirter Körper) dritter, darauf (als diradiirter Körper mit sechs Antimeren) vierter, dann (als Polyp mit gegliederter Hauptaxe, nachdem die horizontalen Böden, Tabulae, ausgebildet sind) fünfter, endlich (nachdem die Stockbildung durch Theilung oder Knospenbildung begonnen hat) sechster Ordnung. Bei den Phanerogamen lassen sich die gleichen sechs Stufen oder Ordnungen der morphologischen Individualität, welche das virtuelle Bion während seiner Entwickelung bis zum actuellen durchläuft, folgendermaassen ordnen: erste Stufe: Embryobläschen (Ei); zweite Stufe: Vorkeim (Proembryo); dritte Stufe: Keim (Embryo) ohne Cotyledonen; vierte Stufe: Keim (Embryo) mit Cotyledonen; fünfte Stufe: Keim (Embryo) mit Cotyledonen und Plumula (Internodien); nach dem Keimen: junge

einfache Pflanze; sechste Stufe: verzweigte Pflanze (Stock). Jeder Organismus also, welcher als actuelles Bion ein morphologisches Individuum zweiter oder höherer Ordnung ist, muss vorher die vorhergehenden Individualitäts-Stufen als virtuelles Bion durchlaufen haben. Hier tritt mithin das virtuelle Bion als regulärer, in periodischem Cyclus sich wiederholender Entwickelungszustand auf und ist zuerst, als Ei oder Spore, eine einfache Plastide, ein Form-Individuum erster Ordnung, welches einen abgelösten Bestandtheil des actuellen elterlichen Bion bildete. Es kann aber auch bei vielen Organismen jeder einzelne Körpertheil unter Umständen als virtuelles Bion auftreten, d. h. sich zum actuellen Bion entwickeln, wie es bei der *Hydra* der Fall ist und bei zahlreichen Pflanzenarten, wo viele einzelne Zellen oder Zellgruppen des Körpers eine so ausgezeichnete Reproductions-Fähigkeit besitzen, dass sie sich, losgelöst vom elterlichen Organismus, vom actuellen Bion, selbst wieder zu einem solchen ergänzen und heranbilden können.

III. Partielles Bion oder scheinbares physiologisches Individuum ist jeder Theil eines organischen Individuums welcher die Fähigkeit besitzt, nach seiner Ablösung von dem potentiellen oder actuellen Bion längere oder kürzere Zeit sich selbst zu erhalten und als scheinbares selbstständiges Bion seine Existenz unabhängig fortzuführen, ohne sich jedoch zum actuellen Bion entwickeln zu können. Das scheinbare oder partielle Bion vermag niemals, wie das virtuelle, sich zum Ganzen zu reproduciren und zum actuellen Bion durch selbstständiges Wachsthum allmählich sich auszubilden. Vielmehr geht es zu Grunde, nachdem es eine Zeit lang sich erhalten, und bisweilen während dieser Zeit eine bestimmte Function (z. B. die Fortpflanzung) ausgeübt hat. So ist es z. B. mit dem Hectocotylus der Cephalopoden (einem Organ), mit der Proglottis der Cestoden (einem Metamer), mit dem männlichen Blüthen-Spross der *Vallisneria* (einer Person), welche sich von einem actuellen Bion höherer Ordnung abgelöst haben. Wie man sieht, ist der Begriff dieses partiellen oder scheinbaren Bion ein sehr weiter und unbestimmter, und es kommt ihm bei weitem nicht die hohe Bedeutung zu, wie dem wesentlich verschiedenen virtuellen und actuellen Bion. Doch haben die meisten früheren Versuche, die organische Individualität zu bestimmen, gerade auf das partielle Bion einen ausserordentlich hohen Werth gelegt, und es ist deshalb wohl nicht überflüssig, dasselbe als eine dritte Erscheinungsweise der physiologischen Individualität neben dem virtuellen und actuellen Bion aufzuführen.

Wenn wir oben wiederholt den wichtigen Satz hervorhoben, dass jede der sechs morphologischen Individualitäten als Bion oder physio-

logisches Individuum auftreten kann, so gilt dies von allen drei Erscheinungsformen des letzteren. Sowohl das actuelle, als das virtuelle, als endlich auch das partielle Bion kann durch jede der sechs morphologischen Individualitäts-Formen repräsentirt werden. Wir bekommen so achtzehn mögliche organische Lebenseinheiten, welche wir jetzt nach einander in aufsteigender Linie betrachten wollen. Wir werden zuerst von jeder morphologischen Individualitätsstufe das actuelle Bion als das wichtigste, nächstdem das virtuelle Bion und zuletzt das partielle Bion in Betracht ziehen. Wir beginnen mit dem morphologischen Individuum erster Ordnung, der Plastide.

I. A. Die Plastiden als actuelle Bionten.

Die Cytoden und Zellen, welche wir oben als Plastiden oder Form-Individuen erster Ordnung zusammengefasst haben, sind von allen sechs Individualitätsstufen die bei weitem am meisten verbreitete, insofern alle Organismen, welche sich aus Eiern (Zellen) oder Sporen (Keimplastiden) entwickeln, in ihrem ersten Jugendzustande als virtuelle Bionten den Formwerth einfacher Plastiden besessen haben. Aber auch als actuelle Bionten sind die Cytoden und Zellen von sehr grosser Bedeutung, und es gehören hierher alle jene monoplastiden Organismen, welche man gewöhnlich als „einzellige" zu bezeichnen pflegt. Gegen diesen Ausdruck ist aber zu erinnern, dass es sowohl einfache Zellen, als auch einfache Cytoden giebt, welche selbstständige Species repräsentiren, und also den wirklichen Werth von actuellen Bionten besitzen.

Die Zellen und Cytoden, als die beiden Hauptgruppen aller Plastiden-Formen, haben wir oben in je zwei untergeordnete Gruppen geschieden, je nachdem sie eine Membran (Schale) besitzen, oder nicht (p. 275). Wir erhielten so die vier Kategorieen der Gymnocytoden, Lepocytoden, Gymnocyten und Lepocyten. Alle vier Plastiden-Arten kommen als actuelle Bionten vor, besonders häufig im Protistenreiche, seltener im Pflanzenreiche.

Einfache Gymnocytoden oder Urklumpen, also einfache Plasmaklumpen ohne Kern und ohne Schale oder Membran, finden sich als actuelle Bionten in dem Stamme der Moneren, wo die Protamoeben, Protogeniden und Vibrionen zeitlebens auf dieser niedrigsten Individualitätsstufe stehen bleiben. Wahrscheinlich gehört auch *Actinophrys sol* hierher, deren einfacher nackter Sarcode-Körper keine Kerne einschliesst.

Weit zahlreicher und mannichfaltiger erscheinen die Lepocytoden oder Hautklumpen entwickelt, welche als actuelle Bionten zahlreiche Species des Protistenreiches und der niederen Pflanzen-Stämme, besonders der Algen bilden. Wir rechnen hierher alle sogenannten

„einzelligen“ Pflanzen und Protisten, welche keinen Kern besitzen, also in Wahrheit noch keine Zelle, sondern bloss eine Cytode darstellen, einen Plasmaklumpen, welcher von einer Schale oder Membran total oder partiell umschlossen ist. Zu den merkwürdigsten der hierher gehörigen niederen Pflanzen sind diejenigen colossalen Siphoneen zu rechnen (*Caulerpa, Bryopsis* etc.), welche vollständig die differenzirten Formen höherer Pflanzen mit Wurzeln, Stengel, Aesten und Blättern nachahmen, aber dennoch trotz ihrer beträchtlichen Grösse nur aus einer einzigen, sehr grossen Lepocytode bestehen, einem kernlosen Plasmaschlauche, welcher von Cellulose-Haut umgeben ist und verschiedene „innere Plasmaproducte“ einschliesst. Nicht minder merkwürdig sind die unendlich mannichfaltigen und zum Theil höchst complicirt gebauten Formen der Polythalamien und vieler anderen Rhizopoden, deren ganzer weicher Körper nur aus einem einzigen homogenen Plasmaklumpen ohne Kern besteht, und bei dem die Membran durch eine gewöhnlich kalkige Schale von äusserst verwickelter Structur ersetzt wird. Man pflegt zwar meistens diese Acyttarien, und namentlich die Polythalamien, nicht als monoplastide Organismen aufzufassen, sondern als „vielzellige“, und sagt, dass ihr nicht differenzirter weicher Protoplasmakörper „aus verschmolzenen Zellen“ zusammengesetzt sei. Richtiger wäre aber wohl zu sagen, dass derselbe „noch nicht in Zellen differenzirt“ sei, da bisher noch zu keiner Zeit des Lebens echte Zellkerne in dem Protoplasma-Leibe der meisten Acyttarien nachgewiesen sind. Einzelne Ausnahmen *(Gromia)* können sich immerhin trotzdem zu wirklicher Zellen-Differenzirung erheben, indem Kerne in dem Plasma auftreten. Diese sind dann schon Form-Individuen zweiter Ordnung.

Unter den Gymnocyten oder Urzellen, den einfachen nackten Zellen, welche als actuelle Bionten auftreten, sind vor Allen die echten Amoeben höchst bemerkenswerth, die merkwürdigen, in allen Gewässern so verbreiteten Formen, welche uns als selbstständige Species dauernd einen Form-Zustand repräsentiren, den wir bei vielen höheren Organismen nur als vorübergehenden Embryonal-Zustand (virtuelles Bion) oder als integrirenden Bestandtheil (partielles Bion) von Geweben (Blut, Lymphe) kennen. Neuerdings ist man zwar sehr geneigt, alle Amoeben als solche virtuelle oder partielle Bionten zu betrachten, und es ist in der That sehr schwierig, durch irgend welche Mittel den bestimmten Beweis zu liefern, dass nicht alle Amoeben blosse frei gewordene Gewebsbestandtheile oder Entwickelungszustände anderer Organismen sind; aber eben so schwer oder vielmehr unmöglich ist der Beweis des Gegentheils, und daher scheint uns immer noch die Annahme sicherer und hinlänglich gerechtfertigt, dass es wirklich auch Amoeben als selbstständige „Species“, d. h. als actuelle Bionten giebt.

Insbesondere dürften hierher diejenigen Amoeben gehören, welche durch besondere constante und characteristische Structur-Verhältnisse ausgezeichnet sind, wie z. B. die *Amoeba quadrilineata* von Carter.

Weit häufiger und verschiedenartiger als die Urzellen, sind die Hautzellen oder Lepocyten, welche als actuelle Bionten im Reiche der Protisten und der niederen Pflanzen auftreten. Es gehören hierher alle echt „einzelligen" Organismen mit Schale oder Membran, d. h. alle jene, bei welchen die reife ausgebildete Species den Form-Werth einer einzigen einfachen und vollkommen selbstständigen, von einer Membran umgebenen Zelle hat. Jeder Organismus, welcher als actuelles Bion eine Hautzelle darstellt, muss also als solche aus drei wesentlichen Bestandtheilen zusammengesetzt sein, aus einem inneren Kern, einem diesen umschliessenden Plasmaklumpen und einer äusseren Membran. Dies ist der Fall bei vielen Protisten verschiedener Stämme, z. B. allen einkernigen Protoplasten (einzelligen Arcelliden und Gregarinen), vielen solitären Flagellaten (Cryptomonaden, Astasiaeen, Peridinien), allen solitären Diatomeen (z. B. *Coscinodiscus, Navicula* etc.). Aus dem Pflanzenreiche gehören hierher alle echten (d. h. kernhaltigen) einzelligen Algen, welche nicht zu Colonieen vereinigt, sondern solitär leben, z. B. *Hydrocytium*, und alle Desmidiaceen, welche als actuelle Bionten eine einzige Zelle mit einem einzigen Kerne bilden. Die Membran, welche den Character der Lepocyten ausspricht, kann entweder vollständig geschlossen sein, wie bei den letzterwähnten Algen und bei den Gregarinen, oder theilweise unvollständig, so dass das eingeschlossene Plasma aus den Spalten oder Löchern hervortreten kann, wie bei den Diatomeen (nach Max Schultze's neuesten Beobachtungen), Flagellaten (wo die Geissel aus einem Schalenspalt vortritt) und Arcelliden (wo die Pseudopodien aus der Schalenmündung vortreten). Die Membran oder Schale besteht bei den Diatomeen und vielen Peridinien aus Kieselerde, bei vielen Flagellaten aus Cellulose, bei anderen aus einer stickstoffhaltigen organischen Substanz.

I. B. Die Plastiden als virtuelle Bionten.

Der Fall, dass die potentielle physiologische Individualität durch Plastiden oder Form-Individuen erster Ordnung repräsentirt wird, ist, wie vorher bemerkt, der häufigste von allen, insofern nicht allein sämmtliche so eben aufgezählte Organismen, welche als actuelle Bionten den Formwerth einer Plastide haben, diesen während der ganzen Zeitdauer ihrer Existenz besitzen, sondern auch alle höheren Organismen (zweiter bis sechster morphologischer Ordnung), welche sich aus einem einfachen Ei (Zelle) oder Spore (Keimplastide) entwickeln, in dieser ersten Zeit ihrer Existenz als einfache Plastiden, also als virtuelle

Bionten erster Ordnung auftreten. Alle diese Keime von dem Formwerthe einer einfachen Plastide vermögen sich unmittelbar zu einem Organismus zu entwickeln, der als reifes Bion den morphologischen Werth eines Plastiden-Complexes besitzt.

Solche virtuelle Bionten erster Ordnung sind also alle wirklich einzelligen Eier der Thiere (mithin die mehrzelligen Insecten-Eier ausgenommen?), ferner die Embryobläschen oder Keimbläschen (oder echten Eier) der Phanerogamen, die Archegonium-Centralzellen und die einfachen (monoplastiden) Sporen oder Keimplastiden der Cryptogamen und vieler Protisten etc. Aber ausser diesen regulären Fortpflanzungszellen, welche auf dem ordinären Wege der Zeugungskreise die Erhaltung der Art bewirken, müssen auch alle jene einfachen Plastiden hierher gerechnet werden, welche, von irgend welchen Theilen eines actuellen Bion abgelöst, die Fähigkeit besitzen, sich unmittelbar wieder zu einem, dem elterlichen gleichen Bion zu entwickeln, wie dies von einzelnen abgelösten Plastiden vieler Protisten und niederer Cryptogamen (selbst einzelner höherer Pflanzen, z. B. *Bryophyllum*) bekannt ist; ferner von der *Hydra* und anderen niederen Thieren.

Die Plastiden, welche als virtuelle Bionten auftreten, sind bald echte (kernhaltige) Zellen (z. B. die echten Eier), bald kernlose Cytoden (z. B. viele Sporen und sogenannte „Sommer-Eier"). Meistens sind sie von einer Membran umgeben, selten hüllenlos. Nackte Eier finden sich z. B. bei vielen Medusen (*Lizzia, Oceania* etc.). Auch die ihren Hüllen entschlüpften Schwärmsporen sind nackt.

I. C. Die Plastiden als partielle Bionten.

Sehr viele Cytoden und Zellen, welche nicht, gleich den vorher erwähnten Plastiden, die Fähigkeit besitzen, losgelöst vom elterlichen Organismus, sich weiter zu entwickeln und zu einem actuellen Bion zu ergänzen, vermögen dennoch sich nach ihrer Ablösung vom zugehörigen Organismus längere oder kürzere Zeit am Leben zu erhalten, und dieselben Functionen, welche sie vorher, im Zusammenhang mit dem Ganzen ausübten, auch jetzt noch isolirt weiter zu führen. Viele Plastiden oder selbst Plastidentheile vermögen sogar ihre specielle Function erst nach der Ablösung vom actuellen Bion zu erfüllen, wie die Zoospermien. Alle diese morphologischen Individuen erster Ordnung würden wir hier als partielle oder scheinbare Bionten aufzuführen haben.

Wir finden diese Erscheinung vorzüglich bei nackten, amoebenartigen Plastiden, welche sich durch ihre characteristischen Bewegungen auszeichnen, z. B. bei den farblosen Blutzellen der Thiere, den Zellen der Spongien etc. Diese vermögen oft tagelang nach ihrer Ablösung aus dem zugehörigen Organismus ihre Bewegungen fortzusetzen, und

nach den neuesten Versuchen von Recklinghausen scheint es selbst, dass die Blutzellen höherer Thiere unter gewissen günstigen Bedingungen ausserhalb des Organismus sich nicht allein zu erhalten, sondern auch fortzupflanzen und bestimmte Veränderungen einzugehen fähig sind. Ebenso vermögen viele Flimmerzellen, besonders von niederen Thieren, noch lange Zeit, nachdem sie sich von dem zugehörigen Organismus abgelöst haben, ausserhalb desselben zu erhalten und ihre beständigen Bewegungen unvermindert fortzusetzen. Auch einzelne Pflanzenzellen, aus dem Zusammenhange des Parenchyms ausgelöst, vermögen unter Umständen sich lange Zeit lebensfähig zu conserviren, und nicht allein sich selbst zu erhalten, sondern auch durch Theilung sich zu vervielfältigen, ohne dass sie jedoch die Fähigkeit besässen, sich vollständig zu einem actuellen Bion zu entwickeln. Unter den isolirten Zellen der Phanerogamen scheinen besonders viele Pollenkörner einen hohen Grad von physiologischer Individualität zu besitzen. In noch auffallenderem Maasse findet sich dieselbe aber bei den beweglichen Zoospermien der Cryptogamen und der Thiere vor, welche sogar erst nach ihrer Ablösung vom actuellen Bion ihre eigentliche Function zu erfüllen beginnen.

II. Die Organe als Bionten.

Physiologische Individuen zweiter Ordnung.

Während die Plastiden als morphologische Individuen erster Ordnung sehr häufig zugleich die physiologische Individualität repräsentiren, so ist dies bei den Organen, als Form-Individuen zweiter Ordnung, ungleich seltener der Fall. Doch sind immerhin die Fälle, welche als solche sicher betrachtet werden können, viel häufiger, als es wohl beim ersten Gedanken an ihre Möglichkeit scheinen könnte. Es ist in dieser Beziehung vor Allem sehr wichtig, sich an die rein morphologische Bedeutung zu erinnern, in welcher wir oben den Begriff des Organes festgestellt haben (p. 291). Wir verstanden darunter allgemein „jede constante einheitliche Raumgrösse von bestimmter Form, welche aus einer bestimmten Summe von mehreren Plastiden in constanter Verbindung zusammengesetzt ist, und welche nicht die positiven Charactere der Form-Individuen dritter bis sechster Ordnung erkennen lässt." Von der einfachen Plastide unterscheidet sich das Organ durch seine Zusammensetzung aus mehreren Plastiden, von den Antimeren und den anderen höheren Individualitäten durch den Mangel derjenigen characteristischen Eigenschaften, welche diese bestimmt kennzeichnen. Bei der unendlichen Mannichfaltigkeit in äusserer Form und innerer Zusammensetzung ist es nicht möglich, diese allerdings

wesentlich negative Begriffsbestimmung durch eine allgemein gültige positive zu ersetzen. Vielmehr müssen wir jeden Plastiden-Complex, also jede aus zwei oder mehr Plastiden zusammengesetzte Formeinheit von bestimmter Grösse und Zusammensetzung ein Organ nennen, sobald dieselbe nicht den bestimmten Form-Character eines Individuums dritter oder höherer Ordnung trägt.

In jedem Organismus, welcher einer höheren Ordnung angehört, ist es leicht, die untergeordneten Individualitäten als solche zu erkennen, die Metameren, Antimeren und Plastiden zu bestimmen. Organe werden wir hier also alle diejenigen einheitlichen Gestalterscheinungen nennen, welche keiner der fünf anderen Individualitäts-Ordnungen angehören. In den tectologisch so bestimmt differenzirten Phanerogamen, Wirbelthieren, Articulaten etc. werden wir daher niemals in Zweifel sein, welche Theile wir als Organe zu betrachten haben, und welche nicht. Schwieriger wird diese Unterscheidung aber bei vielen niederen Formen beider Reiche, besonders den Cryptogamen, und kaum möglich erscheint sie oft bei den Protisten. Hier kommt nun Alles darauf an, den morphologischen und den physiologischen Begriff des Organs scharf zu sondern. Lediglich der erstere giebt uns das Form-Individuum zweiter Ordnung.

Das Organ als physiologische Einheit kann ein integrirender Bestandtheil von Form-Individuen aller sechs Ordnungen sein, und bedeutet weiter nichts als einen Körpertheil, welcher eine bestimmte Verrichtung leistet. So ist z. B. an einer Flimmerzelle das Flimmerhaar ein Organ der Plastide, und ebenso an einer Nesselzelle die Nesselkapsel und der Nesselfaden. An jedem zusammengesetzten Organe sind die untergeordneten Theile, welche Plastiden-Complexe sind, zugleich „Organe des Organs." (Hierauf beruht die oben angeführte Unterscheidung der Organe von fünf verschiedenen Ordnungen). Jedes Antimer ist aus mehreren Organen zusammengesetzt, kann aber selbst als „Organ" einer Person erscheinen (z. B. die Arme der Seesterne). Ebenso kann man die Metameren vom physiologischen Gesichtspunkte aus als „Organe der Person", und die Personen als „Organe des Stockes" bezeichnen, wie z. B. ersteres bei den Gliederwürmern, letzteres bei den Siphonophoren sehr häufig geschieht. In allen diesen Fällen leitet beim Gebrauche des Wortes Organ die Vorstellung von der physiologischen Leistung, welche dasselbe als integrirender Bestandtheil eines anderen Körpers ausführt.

Ganz anders verhält es sich mit dem morphologischen Begriffe des Organs. Dieser bedeutet stets nur eine solche untheilbare Formeinheit von constanter Grösse und Zusammensetzung, welche eine Mehrheit von Plastiden umfasst, und welche weder als Antimer, noch als Metamer, weder als Person, noch als Stock betrachtet werden kann. Solche Formeinheiten kommen nun in der That nicht nur ganz allgemein als constituirende Bestandtheile aller morphologischen Individuen dritter bis sechster Ordnung vor, sondern dieselben treten auch als physiologische Individuen vollkommen selbstständig auf, seltener freilich als actuelle, sehr allgemein aber als virtuelle und bisweilen in sehr auffallender Form als partielle Bionten.

Von den fünf verschiedenen Stufen oder Ordnungen der Organe, welche wir oben unterschieden haben, treten am häufigsten die Organe erster und zweiter Ordnung, Zellfusionen und einfache Organe, seltener diejenigen dritter Ordnung (zusammengesetzte Organe) als Bionten auf. Niemals können dagegen, ihrer Natur nach, die Organe vierter und fünfter Stufe, die Organsysteme und Organ-Apparate, den Werth von physiologischen Individuen erhalten.

II. A. Die Organe als actuelle Bionten.

Sobald man die ganz verschiedene physiologische und morphologische Bedeutung des Organbegriffs gemischt gebraucht, wie dies gewöhnlich geschieht, so wird man zu keiner klaren Anschauung über die wichtige Thatsache gelangen, dass auch morphologische Organe den Werth von actuellen Bionten besitzen, und als solche die reifen Formen selbstständiger Species repräsentiren können. Es ist dies nach unserer Ansicht bei allen denjenigen niederen Organismen der Fall, welche als reife Species-Form einen Plastiden-Complex darstellen, an welchem sich weder Antimeren noch Metameren unterscheiden lassen, und welche demgemäss weder Personen noch echte Stöcke (Cormen) sein können. Hierher gehören sehr viele Protisten und niedere Pflanzen, namentlich aber alle sogenannten „Colonieen von einzelligen Organismen". Uebrigens können als actuelle Bionten, wie bemerkt, nur Organe erster, zweiter und dritter Ordnung fungiren. Organe vierter und fünfter Stufe (Organ-Systeme und Organ-Apparate), wie wir deren Begriff oben morphologisch festgestellt haben, können ihrer Natur nach niemals die reife Species-Form repräsentiren.

a. Organe erster Ordnung oder Zellfusionen, also Plastiden-Complexe, welche aus mehreren verschmolzenen Zellen bestehen (sogenannte „vielkernige Zellen"), treten als actuelle Bionten verhältnissmässig selten auf, z. B. unter den Protisten bei denjenigen Rhizopoden *(Gromia)* und Protoplasten (Arcelliden), deren homogener Sarcode-Körper eine Mehrzahl von Kernen einschliesst.

b. Organe zweiter Ordnung oder einfache (homoplastische) Organe, also Plastiden-Complexe, welche aus einem Aggregate von mehreren gleichartigen, mehr oder weniger vollständig getrennten Plastiden (Cytoden oder Zellen) bestehen (sogenannte „Colonieen einzelliger Organismen"), sind als actuelle Bionten unter den Protisten und niederen Pflanzen sehr verbreitet. Die Plastiden, welche das Bion vom morphologischen Werthe eines einfachen Organs constituiren, sind bald Cytoden, bald Zellen. Cytoden-Colonieen dieser Art bilden viele niedere Algen und Nematophyten und einige Flagellaten. Zellen-Colonieen dagegen werden vorzüglich von den socialen Protisten, von den coloniebildenden Diatomeen *(Cocconema, Gompho-*

nema etc.) und vielen Flagellaten-Stöcken (Dinobryinen, Volvocinen, Hydromorinen etc.) gebildet. Gewöhnlich werden alle diese Synusieen als echte Stöcke betrachtet. Da jedoch ihre constituirenden, unter sich nicht verschiedenen „Einzelthiere" nur den Werth von Plastiden besitzen, können wir dieselben nur als einfache Organe betrachten.

c. Organe dritter Ordnung oder zusammengesetzte (heteroplastische) Organe, also Plastiden-Complexe, welche aus einem Aggregate von mehreren ungleichartigen, differenzirten Plastiden bestehen, und welche nicht die positiven morphologischen Charactere der Antimeren oder anderer Form-Individuen höherer Ordnung zeigen, kommen ebenfalls unter den niederen Pflanzen und Protisten nicht selten vor. Wir können als solche viele Thallophyten (sowohl Algen als Nematophyten) von ganz unregelmässiger Gesammtform betrachten, welche aus ungleichartigen Zellen zusammengesetzt sind. Ferner können die meisten Myxomyceten, einige Rhizopoden (z. B. die Actinosphaeriden) und viele Spongien hierher gerechnet werden.

II. B. Die Organe als virtuelle Bionten.

Als virtuelle Bionten zweiter Ordnung, welche also unter den morphologischen Begriff des Organs fallen, betrachten wir alle diejenigen selbstständig lebenden Plastiden-Complexe, welche nicht die positiven Charactere der Form-Individuen dritter bis sechster Ordnung besitzen, welche aber fähig sind, sich zu einer dieser Individualitäts-Ordnungen zu entwickeln. Diese Zustände glauben wir in allen denjenigen polyplastiden Entwickelungszuständen höherer Organismen zu finden, welche noch nicht in Antimeren sich differenzirt haben, wie z. B. in der ersten Embryonal-Anlage der Vertebraten, im Proembryo der Phanerogamen etc. Aber bei vielen niederen Organismen sind es auch einzelne, aus dem Zusammenhang des Ganzen entfernte Plastiden-Complexe von unbestimmter Begrenzung (sogenannte „parenchymatische Individuen"), welche sich zur actuellen Form der Species zu entwickeln vermögen. Solche sind z. B. viele Zellengruppen aus dem Leibe der *Hydra* und anderer Hydroidpolypen, einzelne Parenchymstücke aus den Blättern vieler Phanerogamen etc. Gleichwie die Functionen der actuellen, so können auch diejenigen der virtuellen Bionten durch Organe erster, zweiter und dritter Ordnung ausgeübt werden.

a. Organe erster Ordnung oder Zellfusionen treten als virtuelle Bionten verhältnissmässig sehr selten auf. Wir müssen als solche alle sogenannten „mehrkernigen Zellen" betrachten, welche, aus dem Parenchym-Verbande des Organismus ausgelöst, die Fähigkeit besitzen, sich zum Ganzen zu entwickeln. Solche „Brutzellen", Mutterzellen, welche eine Mehrheit von Kernen, also von Tochterzellen ein-

schliessen, treten theils mehr regelmässig, theils mehr zufällig aus dem Verbande des Ganzen zu Zeiten hervor, um sich selbstständig zu einem vollkommenen actuellen Bionten auszubilden. Dahin können wir z. B. die Gemmulae der Spongien rechnen. Auch andere Polysporen (mehrkernige Keimzellen) können hierher gerechnet werden. Unter den Protisten und Thallophyten gilt dasselbe von manchen „Brutzellen".

b. Organe zweiter Ordnung oder einfache Organe (Homoplasten) als virtuelle Bionten finden sich allgemein als vorübergehende Entwickelungsstadien bei allen höheren Organismen, welche sich aus einer Zelle (Ei oder Spore) entwickeln. Wir müssen als solche virtuelle Bionten vom Formen-Werthe eines Organs zweiter Ordnung alle noch nicht differenzirten Furchungskugeln betrachten, welche aus der fortgesetzten Eitheilung entstanden sind, ferner alle „Embryonal-Anlagen" und „Proembryonen", auch Embryonen, so lange ihre Zellenmasse noch aus lauter gleichartigen Furchungsproducten besteht. Ebenso müssen wir hierher alle abgelösten Parenchymstücke von Organismen dritter bis sechster Ordnung rechnen, welche aus lauter gleichartigen Zellen bestehen und fähig sind, sich zum actuellen Ganzen zu entwickeln, z. B. eine Gruppe gleichartiger Zellen von *Hydra*.

c. Organe dritter Ordnung oder zusammengesetzte Organe (Heteroplasten) finden sich als virtuelle Bionten ebenfalls bei allen höheren Organismen, welche sich aus einer Plastide (Ei oder Spore) entwickeln. Es gilt dies von denjenigen vorübergehenden Entwickelungszuständen, welche differenzirte Plastidencomplexe darstellen, die sich aber noch nicht in Antimeren oder Metameren differenzirt haben. Als solche sind z. B. die Wirbelthier-Embryonen zu betrachten, wenn zwar die drei Keimblätter in der Embryonal-Anlage differenzirt, aber die Antimeren noch nicht durch die Bildung des Primitivstreifens angedeutet sind. Auch der Phanerogamen-Embryo gehört hierher, so lange die homotypische Zusammensetzung noch nicht durch das Hervorknospen der Cotyledonen bestimmt ist. Ferner können wir alle durch Knospung entstehenden Metameren, Sprossen u. s. w. so lange als virtuelle Bionten vom Formwerthe eines Organs dritter Ordnung betrachten, als ihre differenzirte Zellenmasse noch nicht die homotypische Zusammensetzung des Ganzen erkennen lässt. Endlich rechnen wir hierher alle aus einem höheren Organismus ausgelösten Parenchymstücke, welche aus ungleichartigen Plastiden bestehen und fähig sind, sich zum actuellen Ganzen zu entwickeln (z. B. Blattstücke mit Gefässbündeln, Parenchym und Oberhaut von *Bryophyllum* etc.).

II. C. Die Organe als partielle Bionten.

Als partielle Bionten zweiter Ordnung betrachten wir alle Plastiden-Complexe vom morphologischen Werthe eines Organes, welche selbstständig, abgelöst vom zugehörigen Organismus, längere oder kürzere Zeit zu leben vermögen, ohne sich zum actuellen Ganzen entwickeln zu können. Es gehören also hierher alle selbstständig existirenden sogenannten „individualisirten Organe". Solche kommen ebenfalls unter allen drei niederen Ordnungen der Organe vor.

a. Organe erster Ordnung oder Zellfusionen vermögen verhältnissmässig selten als partielle Bionten sich zu erhalten, z. B. manche mehrkernige Brutzellen von Protisten, welche zwar abgelöst fortwuchern können, aber ohne sich weiter zu entwickeln.

b. Organe zweiter Ordnung oder einfache Organe (Homoplasten) müssen als partielle Bionten betrachtet werden, wenn sie als abgelöste Parenchymgruppen, welche aus gleichartigen Plastiden zusammengesetzt sind, ihre Existenz unabhängig vom zugehörigen Ganzen zu fristen vermögen, ohne sich zu einem solchen zu entwickeln. Es ist dies der Fall bei vielen zufällig abgelösten homoplastischen Parenchymstücken von niederen Thieren und Pflanzen. Solche unregelmässige Zellengruppen können oft nach ihrer Ablösung lange Zeit fortexistiren, und selbst sich durch Wachsthum vergrössern, ohne zu einer wirklichen Entwickelung zu gelangen.

c. Organe dritter Ordnung oder zusammengesetzte Organe (Heteroplasten) bieten die am meisten ausgezeichneten Fälle von „individualisirten Organen" dar, Fälle, welche nicht wie die der beiden vorigen Reihen, mehr zufällig und bedeutungslos, sondern regelmässig, und selbst durch specielle physiologische Beziehungen zu hoher Bedeutung erhoben, bei Organismen der verschiedensten (und auch höher stehender) Gruppen sich finden. Es lösen sich also in diesem Falle bestimmte Organe dritter Ordnung, welche aus differenzirten Zellen zusammengesetzt sind, vom actuellen Bion ab, um eine selbstständige Existenz, unabhängig von ersterem, weiter zu führen, wobei sie bisweilen noch bestimmte und selbst höchst wichtige Functionen für das Bion vollziehen. Unzweifelhaft den merkwürdigsten Fall von solchen hoch individualisirten Organen bieten uns die berühmten Hectocotylen der hectocotyliferen Cephalopoden dar *(Argonauta, Philonexis, Tremoctopus)*. Bekanntlich ist der Hectocotylus, welcher anfangs für einen Parasiten, später für das rudimentäre Männchen der betreffenden Dintenfische gehalten wurde, Nichts als ein abgelöster Arm des kleinen Männchens, welcher selbstständig umherkriechend vollkommen das Bild eines actuellen Bion vorspiegelt und als solches selbst die wichtige Function der Begattung ausübt.

Nicht weniger vollständig als die frei umherschwimmenden Hectocotylen erscheinen die seltsamen beweglichen Hautlappen auf dem Rücken von Thetis individualisirt, welche sich so leicht vom Thiere ablösen und tagelang scheinbar selbstständig umher kriechen, dass sie früher ebenfalls als Epizoen *(Vertumnus thetidicola)* beschrieben wurden. Ebenso unvollkommen sind ferner die Pedicellarien der Echinodermen individualisirt, die auf beweglichen Stielen festsitzenden mehrklappigen Greifzangen, welche auch auf dem todten Thiere noch lange ihre automatischen Bewegungen fortsetzen. In eine Reihe mit diesen sind dann vielleicht auch die vogelkopfartigen Greiforgane (Avicularien) und die pendelnden Wedelorgane oder Vibracula, und die anderen ähnlichen, automatisch beweglichen Anhänge zu stellen, welche auf vielen Bryozoen-Stöcken sich finden, und ebenfalls unabhängig von den entwickelten Thieren, noch lange nach deren Tode ihre monotonen Bewegungen fortsetzen. Doch werden diese Anhänge von Anderen als rudimentäre Individuen betrachtet, die durch weit gehenden Polymorphismus stark degenerirt sind. Die definitive Entscheidung, ob derartige, mehr oder weniger unabhängige Anhänge von Colonieen mehr als polymorphe Individuen oder als individualisirte Organe aufzufassen sind, ist in diesen, wie in manchen anderen Fällen, ebenso für die allgemeine Morphologie wichtig, als ohne genaueste biologische Kenntniss der ganzen Species und ihrer vollständigen Entwickelungsgeschichte nicht zu geben.

Viel seltener, als solche äussere Organe zeigen bisweilen isolirte innere Organe, welche aus dem actuellen Bion durch natürliche oder künstliche Einflüsse entfernt sind, Lebenserscheinungen, welche ihnen in auffallendem Maasse den Character der partiellen physiologischen Individualität verleihen. Dahin gehören z. B. die inneren Kiemen (sogenannten Wasserlungen) der Holothurien, der Schlundkopf der Planarien, das Herz vieler Amphibien und Reptilien, und viele andere contractile zusammengesetzte Organe niederer Thiere, welche noch tagelang nach ihrem Austritt aus dem Körper ihre automatischen Bewegungen selbstständig fortsetzen können.

Sehr verbreitet scheint ferner die partielle Individualisation von Organen in dem Hydromedusen-Stamm zu sein. Man findet hier in verschiedenen Abtheilungen eine grosse Selbstständigkeit einzelner Körpertheile, welche, abgelöst vom Ganzen, entweder als virtuelle Bionten sich sogleich zum Ganzen entwickeln, oder doch als partielle Bionten längere Zeit hindurch sich isolirt zu erhalten und ihre Lebensbewegung fortzusetzen vermögen. So findet man z. B. im Meere sehr oft einzelne abgerissene Tentakeln von Ctenophoren und Hydromedusen, abgelöste Magenschläuche der letzteren, isolirte Wimperorgane (Schwimmplättchen) der ersteren, welche noch Tage lang ihre charac-

teristischen Bewegungen mit unverminderter Kraft fortsetzen können. Einen hohen Grad individueller Selbstständigkeit erreichen ferner auch bei vielen Hydromedusen die Geschlechtsorgane, welche in manchen Familien (z. B. Tubulariden) die vollständigste Uebergangsreihe von einfachen und sehr unvollkommenen Organen zu sehr hoch organisirten und ganz selbstständigen Medusen zeigen. Da jedoch diese individualisirten Geschlechtskapseln, welche als Medusen sich ablösen und frei umherschwimmen, durch ihre weitgehende tectologische Differenzirung bereits den morphologischen Werth von Metameren erlangt haben, und nicht bloss aus Parameren, sondern auch aus Antimeren zusammengesetzt sind, so können wir dieselben vom streng morphologischen Gesichtspunkte aus nicht mehr als Organe betrachten.

III. Die Antimeren als Bionten.

Physiologische Individuen dritter Ordnung.

In noch höherem Grade als bei den Organen muss es bei den Antimeren seltsam und befremdend erscheinen, dass sie als physiologische Individuen eine selbstständige Existenz führen können. In der That sind auch hier die wirklich unzweifelhaften Fälle von physiologischer Individualisation weit seltener, und von den actuellen Bionten ist es selbst zweifelhaft, ob dieselben jemals durch Antimeren repräsentirt werden können. Sehr ausgedehnt findet sich aber unter den Antimeren die virtuelle, und bei manchen Organismen auch die partielle Individualisation vor.

III. A. Die Antimeren als actuelle Bionten.

Wenn man im Gedächtniss behält, dass die Antimeren oder Gegenstücke als Form-Individuen dritter Ordnung eigentlich nur durch ihr gegenseitiges Verhältniss zu einander, und zu dem Form-Individuum vierter oder fünfter Ordnung, welches sie zusammensetzen, bestimmt characterisirt werden, so muss es von vornherein sehr zweifelhaft erscheinen, ob dieselben jemals als actuelle Bionten auftreten können. In der That ist uns in allen drei organischen Reichen kein einziger sicherer Fall bekannt, dass die reife Form einer Species durch ein Form-Individuum repräsentirt wird, welches unzweifelhaft den Formwerth eines einzigen Antimeres hätte. Die allermeisten reifen Species-Repräsentanten sind entweder aus zwei Antimeren („Körperhälften") oder aus drei oder mehr Antimeren („Strahlstücken") zusammengesetzt. Diejenigen Plastiden-Complexe aber, welche als actuelle Bionten ein Aggregat aus differenzirten Zellen darstellen, ohne aus zwei oder

mehr Antimeren zusammengesetzt zu erscheinen, werden wir mit grösserem Rechte für Bionten zweiter, als für Bionten dritter Ordnung halten müssen. So haben wir denn auch die Spongien, die Myxomyceten, viele Thallophyten etc., bei denen jener Fall eintritt, als actuelle Bionten vom morphologischen Werthe eines Heteroplasten oder zusammengesetzten Organs, und nicht eines Antimeres betrachtet. Nur dann könnten wir actuellen Bionten den Formwerth eines einzigen Metameres zuschreiben, wenn sie vollkommene morphologische Aequivalente von Theilen wären, welche bei verwandten Arten als unzweifelhafte Antimeren eines Metameres oder einer Person auftreten. Vielleicht wären gewisse Arten von *Lemna* als actuelle Antimeren zu betrachten.

III. B. Die Antimeren als virtuelle Bionten.

Während die actuellen Bionten vielleicht nie, die partiellen Bionten nur selten durch Antimeren repräsentirt werden, so ist dies dagegen bei den virtuellen oder potentiellen Bionten sehr häufig der Fall. Es müssen nämlich hierher alle Fälle von Fortpflanzung durch spontane Selbsttheilung und durch künstliche (zufällige) Theilung gerechnet werden, bei welchen die Theilungsebene den Körper eines actuellen Bion in seine Antimeren zerlegt, und wo die einzelnen Antimeren sich unmittelbar wieder durch Reproduction der übrigen Antimeren zu vollständigen Bionten ergänzen. Bei den eudipleuren Thieren, welche sich durch Längstheilung fortpflanzen (Infusorien) stellt also jede der beiden Körperhälften nach vollendeter Spaltung ein einziges Antimer dar, welches sich als virtuelles Bion zu einem vollständigen actuellen Bion durch Reproduction der anderen Hälfte zu ergänzen vermag.[1]) Ebenso müssen wir bei den „Strahlthieren", bei den Coelenteraten und Echinodermen, jeden Strahl, d. h. jedes Antimer, als virtuelles Bion betrachten, wenn dasselbe, durch künstliche oder natürliche Spaltung abgelöst, unabhängig von den anderen sich zu einem actuellen physiologischen Individuum auszubilden vermag. Die interessanten Fälle von virtueller Individualisation der Antimeren, welche bei den Echinodermen vorkommen, sind um so merkwürdiger, als der Organismus gerade dieser „Strahlthiere" sonst in so hohem Grade die

---

[1]) Ganz dieselbe Fortpflanzung durch einfache Längstheilung finden wir bei sehr vielen Protisten (Diatomeen, Protoplasten etc.) und niederen Pflanzen (Desmidiaceen, Euastrum etc.) wieder, bei denen ebenfalls jede Hälfte des Bion sich sofort nach vollendeter Spaltung wieder durch Wachsthum zum actuellen Bion ergänzt. Da aber hier das Bion nur den Werth einer einzigen Plastide (Zelle) besitzt, so können wir hier die Körperhälften, welche als virtuelle Bionten auftreten, nicht als Antimeren ansehen, sondern müssen sie als Parameren bezeichnen (s. oben p. 311).

bestimmte Neigung zeigt, nur auf dem Wege geschlechtlicher Zeugung sich zu der bestimmten Form der Person oder des Form-Individuums fünfter Ordnung zu entwickeln. Es betreffen diese Fälle einige wenige Arten von Seesternen, welche einigen sonst nicht gerade besonders ausgezeichneten Gattungen angehören.

Dasjenige Asterid, bei welchem am häufigsten ein Antimer sich zu individualisiren scheint, ist Ophidiaster multiforis M. et Tr., welcher im rothen und im indischen Meere vorkommt. Es ist dies ein kleiner, schlanker, Ophiuren ähnlicher Seestern mit kleiner Scheibe (Scheibenradius zum Armradius = 1 : 10 — 12) und sehr schlanken, cylindrischen, nach dem Ende zu verdünnten Armen (neunmal so lang wie breit). Die grosse Mehrzahl der Individuen hat 5 Arme; aber auch solche mit 4 und 6 Armen sind nicht selten; bisweilen steigt die Armzahl auf sieben. Die Madreporenplatte ist bei Individuen mit 4—5 Armen gewöhnlich doppelt, bei solchen mit 6—7 Armen gewöhnlich dreifach vorhanden. Gewöhnlich liegen die Madreporenplatten in benachbarten Interbrachialräumen. Die Arme sind selten von nahezu gleicher Länge, gewöhnlich 2—3 benachbarte länger, als die andern. Gar nicht selten aber findet man Individuen, bei denen 4 ganz kleine Arme am Ende eines einzigen sehr grossen sich befinden, und bei denen eine eigentliche Mittelscheibe kaum existirt.[1] Diese Fälle liefern uns evidente Beweise von der virtuellen Individualisation eines einzelnen Antimeres, welches sich durch Reproduction der vier übrigen Antimeren zu dem actuellen Bion vom morphologischen Werthe einer pentactinoten Person zu entwickeln vermag. Durch welchen Vorgang hier das einzelne Antimer zur Ablösung vom Ganzen und zur individuellen Entwickelung veranlasst wird, ist unbekannt, und wir wissen insbesondere nicht, ob die Ablösung Folge eines inneren Wachsthumsprocesses, also spontane Radialtheilung (wie bei dem gleich zu erwähnenden Stomobrachium) oder Folge zufälliger, von aussen einwirkender Gewalt, also künstliche Theilung ist. Die verhältnissmässig grosse Anzahl der Exemplare von Ophidiaster multiforis, welche dieses ausgezeichnete Verhalten zeigen, lässt die Vermuthung einer natürlichen, spontanen Radialtheilung gerechtfertigt erscheinen. Andererseits ist es leicht denkbar, dass die langen dünnen Arme von der kleinen Mittelscheibe leicht zufällig abreissen, und vermöge ausgezeichneter Reproductionskraft die ganze Scheibe reproduciren. Während bei den andern Seesternen die verstümmelte Scheibe die Arme wieder zu ersetzen vermag, kann also hier jeder einzelne Arm die ganze Scheibe sammt den andern Armen aus sich regeneriren. Es würde von

---

[1] Bei einem solchen Individuum, welches wir vor uns haben, ist der grosse Arm 34mm lang und an der Basis 4mm breit. Von den 4 kleinen Armen sind die beiden zunächst den grossen umgebenden 6mm lang, an der Basis 2mm breit und die beiden dem grossen gegenüberstehenden 5mm lang, an der Basis ebenfalls 2mm breit. Eine Madreporenplatte ist nicht sichtbar, ebenso ein After nicht deutlich; dagegen auf der Ambulacralseite eine sehr kleine Mundöffnung, in welcher die 5 Ambulacralfurchen zusammenstossen.

hohem Interesse sein, diese merkwürdigen Fälle von potentieller Individualisation eines Antimeres näher zu untersuchen, und insbesondere durch Experimente am lebenden Thiere zu bestimmen, ob der Arm nur regenerationsfähig ist, wenn er noch ein zugehöriges Scheibenstück besitzt, oder ob auch der abgerissene Arm allein, ohne jede Theilnahme der Scheibe, diese Regeneration ausführen kann. Im letzteren Falle würde sich, streng genommen, nur ein Organ, im ersteren Falle das ganze Antimer, zum actuellen physiologischen Individuum gestalten.

Ein zweiter Seestern, bei welchem der gleiche Fall häufig vorzukommen scheint, ist Asteracanthion tenuispinus, eine im Mittelmeer nicht seltene Art, von welcher wir zahlreiche Exemplare im Hafen von Messina gesammelt haben. Sie hat 5—10, meistens 6—8 Arme, und wie der vorige Seestern, eine sehr kleine Scheibe, (Scheibenradius zum Armradius = 1:4—7). Madreporenplatten sind gewöhnlich 2—3 vorhanden. Auch bei diesem Seestern fällt die grosse Zahl der Individuen auf, deren Arme von sehr ungleicher Länge sind. Doch fanden wir nur zwei Exemplare mit einem einzigen colossalen Arme, während die übrigen (in einem Fall 6, im andern 7) Arme noch ganz klein und offenbar eben erst hervorgesprosst waren. Drei Exemplare zeigten einerseits zwei starke und lange Arme neben einander, andererseits diesen gegenüber fünf sehr kurze Arme, in zwei Fällen ungefähr $\frac{1}{4}$, im dritten nur $\frac{1}{5}$ so lang, als die beiden unter sich fast gleich langen grossen Arme. Ein Exemplar hatte 3 grosse Arme neben einander, diesen gegenüber 7 noch nicht halb so lange unter sich fast gleiche Arme. Nicht weniger als sieben Exemplare hatten einerseits 4 lange und dicke, andererseits 3—6 kurze und dünne Arme. Die übrigen beobachteten Exemplare, 11 an der Zahl, hatten 6—9 ziemlich gleich lange Arme, oder nur 1—3 kleine, offenbar in Regeneration begriffene Stummel zwischen den grösseren. Vergleicht man diese Fälle, so würden strenggenommen nur die beiden ersterwähnten neben die von Ophidiaster multiforis erwähnten Fälle zu stellen, und als Antimeren, die sich zu actuellen physiologischen Individuen mittelst Regeneration zu gestalten begannen, zu betrachten sein. In den anderen Fällen, wo offenbar ebenfalls gespaltene Personen vorlagen, die den verloren gegangenen, meist grösseren Theil der Scheibe regenerirten, haben wir es nicht mehr mit einem einzelnen, sondern bereits mit einer Mehrzahl von Antimeren zu thun, die gemeinsam ein physiologisches Individuum repräsentiren. Die grosse Anzahl der Fälle, in denen der ganze Seestern aus 2 sehr ungleichen Hälften, der einen mit 4 grossen, der anderen mit 3—6 kleinen Armen zusammengesetzt ist, lässt die Vermuthung aufkommen, dass es sich hier um einen Akt freiwilliger Halbirung (Dimidiatio spontanea), mit nachheriger Regeneration des Ganzen von jeder Hälfte aus handle. Indessen wird, angesichts des Mangels anderweitiger Beispiele spontaner Selbsttheilung bei den Echinodermen, sowohl hier bei Asteracanthion tenuispinus, als dort bei Ophidiaster multiforis, die Annahme vielleicht mehr Wahrscheinlichkeit für sich haben, dass die virtuellen Bionten, welche sich zu actuellen zu ergänzen vermögen, nicht einem natürlichen Selbsttheilungs-Acte in Folge innerer Wachsthumsverhältnisse, sondern einer künstlichen Spaltung durch zufällige äussere Einflüsse

(Verstümmelung) ihren Ursprung verdanken. Ob auch die merkwürdige Fähigkeit niederer Echinodermen (Synapta), sich selbst freiwillig in zahlreiche Stücke zu zerbrechen, mit diesen Vorgängen bei Seesternen zusammenzustellen sei, ist nicht zu entscheiden, da man nicht weiss, ob die einzelnen Stücke der Synapta das Vermögen besitzen, als virtuelle Bionten sich zu einer vollständigen Person zu ergänzen. Wäre Dieses aber auch der Fall, so würden diese Theilstücke nicht den Formwerth von Antimeren, sondern von Metameren, oder von Metameren-Gruppen besitzen.

Unter den Coelenteraten scheint einen ausgezeichneten Fall von virtueller Individualisation der Antimeren das Stomobrachium mirabile darzubieten, eine Meduse, welche nach Kölliker durch wiederholte Strahltheilung in einzelne Strahlstücke zerfallen soll, die sich zur actuellen Medusen-Form zu ergänzen vermögen. Doch ist dieser merkwürdige Selbsttheilungs-Process in seinen einzelnen Beziehungen noch nicht näher untersucht, und es ist noch fraglich, ob die kleinsten Strahlstücke, welche durch fortgesetzte Diradiation entstehen, wirklich einzelne Antimeren, oder nicht vielmehr Antimeren-Gruppen sind.

III. C. Die Antimeren als partielle Bionten.

Einzelne Theilstücke höherer Organismen, welche, abgelöst vom Ganzen, selbstständig fortzuleben vermögen, ohne sich zum actuellen Bion zu ergänzen, treten, wie wir vorher sahen, häufig in Gestalt von Organen, aber wohl nur selten in Gestalt von Antimeren auf. Man kann als solche partielle Bionten vom Formwerthe einzelner Antimeren z. B. einzelne abgerissene Seestern-Arme nebst zugehörigem Scheibenstücke betrachten, welche unter Umständen längere Zeit sich selbstständig zu erhalten fähig sind, ohne doch zu einem actuellen Bion sich vollständig entwickeln zu können. Doch sind diese Fälle selten und von keiner grossen Bedeutung. Auch bei einigen Hydromedusen kommen dergleichen vor.

IV. Die Metameren als Bionten.

Physiologische Individuen vierter Ordnung.

Weit häufiger und allgemeiner, als die Antimeren, erhalten die Metameren oder Folgestücke den physiologischen Werth eines selbstständigen Bion. Es vermögen häufig isolirte Metameren als partielle Bionten ihre Existenz zu fristen (z. B. die Proglottiden der Bandwürmer). Ferner finden sich Metameren als virtuelle Bionten im Entwickelungskreise aller höheren Thiere und Pflanzen vor. Endlich giebt es grosse Abtheilungen des Thierreichs, z. B. die Mollusken, welche als actuelle Bionten fast allgemein nur den Formwerth von Metameren erhalten.

IV. A. Die Metameren als actuelle Bionten.

Dass in ansehnlichen Abtheilungen des Thierreichs das physiologische Individuum nicht, wie bei den meisten Thieren, den morphologischen Werth der Person, sondern den des Metameres, also nicht den Formwerth fünfter, sondern nur vierter Ordnung besitzt, ist bisher gänzlich übersehen, oder doch bei der herrschenden allgemeinen Unklarheit über den Individualitäts-Begriff nicht richtig erkannt worden. In der That erhebt sich aber die reife Species-Form als actuelles Bion sehr oft nicht zu derselben tectologischen Stufe, zur Höhe der Person, welche sie bei den Wirbelthieren, Arthropoden und Echinodermen erreicht, bleibt vielmehr vorher eine Stufe niedriger, auf der Metameren-Form, stehen. Es ist dies der Fall bei den meisten Thieren, welche als actuelle Bionten nicht selbst aus Metameren zusammengesetzt sind, also z. B. bei den allermeisten Mollusken (allen höheren und den „solitären" niederen Formen), bei vielen niederen Würmern (Trematoden etc.) und bei vielen Coelenteraten (einem Theile der Hydromedusen, Ctenophoren etc.).

Um diese neue Auffassung zu rechtfertigen, müssen wir von der Betrachtung des Articulaten-Stammes ausgehen, in welchem die niederen Formen auf der Metameren-Stufe stehen bleiben, während die höheren Formen durch Aggregation von Metameren, die hinter einander liegen, Metameren-Ketten, d. h. Personen bilden. Bei allen Arthropoden und bei allen, unmittelbar sich an sie anschliessenden, gegliederten Würmern (Anneliden, Cestoden) kann kein Zweifel sein, dass sie als reife Species-Repräsentanten (actuelle Bionten) den morphologischen Werth der Person, des Form-Individuums fünfter Ordnung, besitzen, ebenso gut wie die einzelnen Wirbelthiere. Wie bei letzteren, besteht ihr individueller Körper aus einer Kette hintereinander gelegener Metameren, deren jedes aus zwei seitlichen Antimeren zusammengesetzt ist. Jedes Antimer ist wiederum aus einer Summe von zusammengesetzten und einfachen Organen construirt, und diese Organe selbst sind wieder Mehrheiten von Plastiden. Es besteht also bei allen Wirbelthieren und höheren Articulaten (Arthropoden und gegliederten Würmern) der ganze Körper des actuellen Bion aus einer Summe von subordinirten Form-Individuen erster bis vierter Ordnung, und ist mithin selbst ein Form-Individuum fünfter Ordnung, eine Person. Der einzige Unterschied zwischen den Wirbelthieren und Arthropoden einerseits, und den gegliederten Würmern andererseits, besteht darin, dass die Metameren bei letzteren unter einander sehr gleichartig und daher von einander sehr unabhängig, dagegen bei ersteren sehr ungleichartig (differenzirt) und daher vom Ganzen und von einander sehr abhängig sind.

Wenden wir uns nun von den höheren Articulaten zu den niederen, so treffen wir hier wesentlich verschiedene Verhältnisse an. Bei allen Infusorien (die wir für eine Ausgangsgruppe der Articulaten halten), bei den ihnen nächstverwandten Turbellarien, bei den Trematoden und Nematoden

ist der Körper des actuellen Bion weder äusserlich noch innerlich gegliedert und es beweist die gesammte Structur desselben hinreichend, dass er nicht einem ganzen Anneliden-Bion, sondern nur einem einzelnen Metamere desselben morphologisch aequivalent, mithin nicht ein Individuum fünfter, sondern vierter Ordnung ist. Diese Auffassung wird aufs Bestimmteste bestätigt durch die interessante Gruppe der Bandwürmer, bei denen die höheren Formen den gegliederten Anneliden, die niederen den ungegliederten Trematoden morphologisch äquivalent sind. Die meisten Cestoden, insbesondere die meisten Taeniaden, Tetraphyllideen und viele Pseudophyllideen erscheinen als eine scharf gegliederte Kette von „Segmenten" oder „Einzelthieren." Jedes der letzteren (Proglottis) ist zweifelsohne einerseits einem einzelnen „Segmente" eines Anneliden, andererseits einem ganzen ungegliederten Trematoden morphologisch gleichwerthig. Das letztere wird namentlich durch die merkwürdigen einfachen, ungegliederten oder solitären Bandwürmer der Caryophyllideen - Familie bewiesen, welche auch als actuelle Bionten nur den Werth einer einzelnen Proglottis und eines einzelnen Trematoden besitzen. Ebenso wie bei *Caryophyllaeus* entwickelt sich bei einigen Tetraphyllideen (*Echeneibothrium minimum*) jede Proglottis selbstständig zu einem actuellen Bion, indem sie sich frühzeitig vom Scolex ablöst und isolirt zur Geschlechtsreife heranwächst. Die ganze Bandwurmkette (Strobila) der socialen Cestoden ist mithin einem ganzen Annelid morphologisch vollkommen aequivalent, also ein Form-Individuum fünfter Ordnung. Die gewöhnliche Ansicht, dass der „ganze Bandwurm" (z. B. von *Taenia*, *Bothriocephalus*) ein echter Stock, d. h. ein Form-Individuum sechster Ordnung sei, ist falsch, und dadurch bedingt, dass man niemals gehörig die ganz verschiedenen Ordnungen der morphologischen Individualität unterschieden hat. Das letztere ist hier allerdings zum Theil auch dadurch erschwert worden, dass die Zusammensetzung des gegliederten Körpers aus Metameren bei vielen Würmern sehr undeutlich wird, z. B. bei vielen Pseudophyllideen unter den Cestoden, bei den meisten Acanthocephalen (wo jedoch *Echinorhynchus agilis* und *E. moniliformis* sehr deutlich gegliedert ist), bei den meisten Nemertinen (wo die Zusammensetzung aus einer Metamerenkette aber auch bisweilen äusserlich durch ringförmige Einschnürungen oder Zeichnungen und stets innerlich durch die Wiederholung der hinter einander gelegenen Darmtaschen und Genitaldrüsen sehr deutlich ausgesprochen ist), und bei den Hirudineen (wo sie durch das gegliederte Bauchmark und die Wiederholung der Schleifencanäle etc. ebenfalls unzweifelhaft dargethan ist). Wir können demgemäss allgemein unter den Würmern hinsichtlich ihrer tectologischen Ausbildung zwei Stufen unterscheiden, nämlich solche, bei denen das actuelle Bion ein Metamer und solche, bei denen es eine Person ist. Unter letzteren können als zwei Untergruppen solche Würmer unterschieden werden, bei welchen der Zusammenhang der Metameren ein sehr lockerer und solche, bei welchen er ein inniger ist. Es wird dies durch folgende Zusammenstellung übersichtlich werden:

Erste Gruppe der Würmer: Ungegliederte Würmer: das actuelle Bion ist ein einziges Metamer, also ein Form-Individuum vierter Ordnung: die

solitären Bandwürmer: *Caryophyllaeus*, *Echeneibothrium*, alle Trematoden und Turbellarien (nach Ausschluss der Nemertinen), alle Nematoden (?) und Gephyreen (?)

Zweite Gruppe der Würmer: Gegliederte Würmer: das actuelle Bion ist eine Kette von Metameren, also ein Form-Individuum fünfter Ordnung, eine Person. Erste Abtheilung: die durch terminale Knospung entstandenen Metameren bleiben innig verbunden und sind oft äusserlich nicht zu unterscheiden: Undeutlich gegliederte Würmer: Sociale Bandwürmer aus der Pseudophyllideen-Familie (*Ligula*, *Triaenophorus*), Nemertinen, Acanthocephalen (?), Hirudineen, Sagitta (mit zwei Metameren). Zweite Abtheilung: die durch terminale Knospung entstandenen Metameren trennen sich schärfer von einander, und sind auch äusserlich deutlich zu unterscheiden: Deutlich gegliederte Würmer: Sociale Bandwürmer aus den Familien der Taeniaden und Tetraphyllideen, einige Acanthocephalen (*Echinorhynchus agilis* und *E. moniliformis*), die meisten Anneliden.

Unzweifelhaft ist also bei den gegliederten Würmern das actuelle Bion, wie bei den Wirbelthieren und Arthropoden, eine Person, ein morphologisches Individuum fünfter Ordnung, bei den ungegliederten Würmern dagegen ein Metamer, ein Form-Individuum vierter Ordnung. Das letztere gilt nun auch von allen Mollusken, mit Ausnahme der socialen „stockbildenden" Tunicaten und Bryozoen. Ueberall fehlt hier gänzlich die Gliederung, die Zusammensetzung aus einer Kette hinter einander gelegener Metameren, und es bleibt also das sogenannte Einzelthier, welches aus zwei Antimeren zusammengesetzt ist, stets auf der vierten Individualitätsstufe stehen, bildet selbst ein einziges Metamer. Es wird dies sofort klar, wenn wir die Mollusken mit den ungegliederten Würmern vergleichen, an die sie sich unmittelbar anreihen. Bekanntlich sind einige Schnecken (Gasteropoden) den niederen Würmern sehr nahe verwandt, und insbesondere schliessen sich die niedersten Opisthobranchien unmittelbar an die Turbellarien an, von denen sie oft (*Rhodope*) kaum zu unterscheiden sind. Die Tectologie der actuellen Bionten ist hier wesentlich die gleiche, wie dort. Ganz so verhalten sich aber auch in der Zusammensetzung des Körpers aus zwei Antimeren und dem gänzlichen Mangel jeder Gliederung alle anderen, nicht „stockbildenden" Mollusken, nämlich erstens alle Cephaloten oder kopftragenden Mollusken (Cephalopoden, Cochleen) und zweitens alle „Einzelthiere" unter den kopflosen Mollusken oder Acephalen (alle Lamellibranchien und Brachiopoden, und unter den Tunicaten die Ascidiae simplices, die Appendicularien, *Doliolum* und die solitären Generationen der Salpen. Alle diese Mollusken haben als ausgebildete reife Species-Repräsentanten nur den morphologischen Rang eines Metameres.

Dasselbe gilt endlich auch von allen actuellen Bionten unter den Coelenteraten, welche nicht aus Metameren zusammengesetzt sind, also von allen Ctenophoren, allen Medusen und allen denjenigen

Polypen (Hydroidpolypen sowohl als Anthozoen), welche nicht gegliedert, d. h. nicht mit Böden oder Dissepimenten versehen, oder äusserlich wenigstens geringelt sind. Alle diese ungegliederten „Einzelthiere“ der Coelenteraten, mögen sie nun aus vier Antimeren bestehen, wie die meisten Medusen, oder aus acht, wie alle Ctenophoren und Alcyonarien (Octactinien), oder aus sechs, wie die Zoantharien, haben als actuelle Bionten nur den morphologischen Werth eines einzigen Metameres, und sind also, gleich den Mollusken, Trematoden und Proglottiden, nicht „eigentliche Individuen“ (d. h. Personen), wofür man sie gewöhnlich anzusehen pflegt.

Unter den Pflanzen erreichen zahlreiche Cryptogamen als actuelle Bionten nur den Metameren-Werth, nämlich alle diejenigen, welche nur aus mehreren Antimeren, nicht aus mehreren Metameren zusammengesetzt sind, wie das bei vielen Thallophyten der Fall ist. Selten dagegen findet sich dieser Fall bei den Phanerogamen, wo nur die „einfachen Pflanzen ohne Stengelglieder“ dahin gerechnet werden können, z. B. *Lemna*. Auch diese ist als actuelles Bion ein einfaches Metamer, falls man nicht wenigstens gewisse Formen derselben richtiger als actuelle Antimeren betrachten muss.

IV. B. Die Metameren als virtuelle Bionten.

Nicht minder grosse Bedeutung als die actuelle, besitzt die virtuelle Individualität der Metameren. Wir müssen nämlich nach den oben angeführten Grundsätzen alle Entwickelungszustände von Personen oder Sprossen für virtuelle Metameren halten, welche bereits aus zwei oder mehreren Antimeren, aber noch nicht aus Metameren zusammengesetzt sind. Demgemäss ist z. B. der Wirbelthier-Embryo ein virtuelles Bion in Metameren-Form von dem Momente an, wo durch Auftreten des Primitivstreifens die Sonderung in zwei Antimeren eintritt, bis zu dem Momente, wo durch Erscheinen der Urwirbel die Sonderung in eine Kette von mehreren Metameren geschieht. Ebenso ist der Arthropoden-Embryo so lange ein einfaches Metamer, als nicht die Gliederung oder Segmentirung erscheint. Der Bandwurm-Scolex aus den Familien der Taeniaden, Tetraphyllideen etc. ist so lange ein virtuelles Metamer, als er nicht Proglottiden erzeugt. Gleicherweise ist der Phanerogamen-Embryo so lange ein Metamer, als nicht durch Gliederung der Plumula die Anlage einer Metameren-Kette gebildet wird. In allen diesen Fällen ist der vorübergehende Entwickelungszustand der Person ein virtuelles Bion vom morphologischen Werthe eines einfachen Metameres, von dem Momente an, wo das Bion aus zwei oder mehreren Antimeren zusammengesetzt erscheint, bis zu dem Momente, wo dasselbe durch Knospung (Gliederung) zu einer Metameren-Kette, d. h. zu einer Person wird.

Weiterhin müssen wir dann aber auch als virtuelle oder potentielle Bionten alle diejenigen einzelnen Metameren, z. B. bei vielen Anneliden, betrachten, welche fähig sind, sich von der Kette des actuellen Bion abzulösen und selbstständig (durch terminale Knospung) zu einer Metameren-Kette (Person) zu ergänzen.

IV. C. Die Metameren als partielle Bionten.

Wie für die allgemeine Unterscheidung der actuellen und virtuellen, so liefern auch für das Verständniss der partiellen Bionten die Metameren als physiologische Individuen vierter Ordnung ausgezeichnet klare und treffende Beispiele. Wir können diese eben so wichtigen, als schwierigen, und bisher gänzlich vernachlässigten Verhältnisse der physiologischen Individualität nicht besser erläutern, als durch wiederholten Hinweis auf den Articulaten-Stamm, und insbesondere auf die Würmer, deren niedere Formen uns aufs klarste den Unterschied zwischen der actuellen, virtuellen und partiellen Erscheinung der physiologischen Individualität zeigen. Wie wir unter der Bandwürmer-Gruppe in dem ausgebildeten *Caryophyllaeus* und *Echeneibothrium* die besten Beispiele für die actuelle, in dem Scolex der Taeniaden für die virtuelle, so finden wir daselbst in den freien Proglottiden die klarsten Beispiele für die partielle Erscheinungsweise der physiologischen Individualität in der Form des Metameres. Die freien Proglottiden der Taenien, welche gewöhnlich irrthümlich für „eigentliche Individuen“, d. h. für Personen, gehalten werden, sind lediglich einzelne Metameren, welche bei vielen Cestoden-Arten (*Taenia mediocanellata* etc.) in ausgezeichneter Weise als partielle Bionten eine selbstständige Existenz zu fristen vermögen. Als scheinbar selbstständige physiologische Individuen vermögen sich diese abgelösten Folgestücke der Strobila (des actuellen Bion) längere oder kürzere Zeit zu erhalten und umher zu bewegen, ohne doch der Entwickelung zum actuellen Bion fähig zu sein. Sie leisten hier als individualisirte Metameren dasselbe, wie die Hectocotylen als individualisirte Organe, wie die männlichen Vallisnerien als individualisirte Personen. Wir können kein besseres Beispiel für den Character des partiellen Bion überhaupt anführen. Weniger vollständig als bei den Cestoden ist die Individualisation der Metameren als partieller Bionten bei vielen anderen Würmern (z. B. Anneliden), bei denen ebenfalls einzelne Segmente (Metameren) sich ablösen und längere oder kürzere Zeit selbstständig fortleben können, ohne doch die Fähigkeit zu besitzen, sich durch terminale Knospung zu einer Metameren-Kette, d. h. einer Person, zu ergänzen.

V. Die Personen als Bionten.

Physiologische Individuen fünfter Ordnung.

Die Person oder das Prosopon ist von allen morphologischen Individualitäten, wie wir oben gesehen haben, insofern die hervorragendste, als sie bei der grossen Mehrzahl aller Thiere und Pflanzen als physiologisches Individuum auftritt, und zwar bei den meisten Thieren als actuelles, bei den meisten Pflanzen als virtuelles und als partielles Bion. Da der Mensch, gleich allen anderen Wirbelthieren, im reifen Zustande (als actuelles Bion) den Formwerth eines morphologischen Individuums fünfter Ordnung hat, so wurde von ihm aus der Begriff des „Individuums" auf die übrigen Organismen übertragen, und somit in der oben schon erläuterten Weise der Grund zu der allgemeinen Verwirrung gelegt, in welcher sich die Individualitätslehre bisher fand. Sobald wir einerseits scharf unterscheiden zwischen morphologischem und physiologischem Individuum, andererseits zwischen den verschiedenen Ordnungen der morphologischen Individualität, so lichtet sich dieses verworrene Dunkel, und es zeigt sich, dass die Person als Bion bei Weitem nicht die übermässige Bedeutung und Ausdehnung besitzt, welche man, von der beschränkten subjectiven Betrachtung des Menschen ausgehend, ihr allgemein zugeschrieben hat. Dadurch wird jedoch die hohe Bedeutung der Person, welche sie als die allgemeine Darstellungsform der physiologischen Individualität bei allen höheren Thieren besitzt, keineswegs gemindert.

Wir haben oben (p. 325) als zwei wesentlich verschiedene Formen der Person die Ketten-Person (Prosopon catenatum) und die Busch-Person (Prosopon fruticosum) unterschieden, erstere durch terminale, letztere durch laterale Knospenbildung von Metameren entstanden. Sowohl jene als diese können als actuelle, virtuelle und partielle Bionten zur Erscheinung kommen.

V. A. Die Personen als actuelle Bionten.

Die grösste Wichtigkeit als actuelle Bionten besitzen die Personen im Thierreiche, da die reife ausgebildete Repräsentativform der Species bei der grossen Mehrzahl aller Thiere durch morphologische Individuen fünfter Ordnung gebildet wird. Es ist dies der Fall beim Menschen und allen übrigen Wirbelthieren, bei allen Arthropoden, allen „gegliederten" Würmern (Anneliden, Nemertinen, den meisten Cestoden etc.), ferner bei allen Echinodermen und allen denjenigen Polypen (sowohl Anthozoen als Hydroidpolypen), welche keine echten „Stöcke" bilden, sondern als Einzelthiere leben, die durch horizontale (auf der Längsaxe senkrechte) Scheidewände oder Böden (Tabulae,

Dissepimenta), oder auch nur durch entsprechende ringförmige äussere Einschnürungen, in eine Reihe von über (hinter) einander liegenden Stockwerken oder Gliedern eingetheilt sind, z. B. viele Actinien, die unverästelten Personen einzelner Isidinen. Auch die Ketten der echten Salpen können hierher gerechnet werden.

Bei allen diesen Thieren sind die actuellen Bionten entschiedene Ketten-Personen, d. h. aus einer Vielheit von Metameren zusammengesetzt, welche in einer einzigen Reihe in der Längsaxe des Körpers hinter einander liegen und durch terminale Knospung entstehen. Eben solche Prosopa catenata sind im Pflanzenreiche die meisten sogenannten „einfachen Pflanzen" der Phanerogamen und Gefäss-Cryptogamen, d. h. aus mehreren Stengelgliedern zusammengesetzte Sprosse, welche keine Zweige (Seitensprosse) und nur eine einzige, einfache terminale Blüthe tragen, also keine echten Stöcke bilden. Unter den Phanerogamen sind es nur sehr wenige Species, deren actuelle Bionten constant als solche ganz einfache Personen auftreten, da die allermeisten Species entweder verzweigte (aus secundären geschlechtslosen Sprossen zusammengesetzte) Stöcke bilden, oder doch einen zusammengesetzten Blüthenstand (einen aus sexuellen Sprossen zusammengesetzten Stock) tragen. Dagegen kommen solche ganz einfache actuelle Personen häufiger als Ausnahme bei solchen Species vor, die gewöhnlich Stöcke bilden (z. B. *Radiola linoides, Erythraea pulchella, Saxifraga tridactylites* etc.).

Viel seltener, als diese gegliederten Ketten-Personen, welche man auch Personen im engeren Sinne nennen kann, treten die Personen der anderen Hauptform, die Busch-Personen (Prosopa fruticosa) als actuelle Bionten auf. Es ist hier, wie wir oben sahen, jede einzelne Person aus einer Vielheit von Metameren zusammengesetzt, welche niemals in einer Reihe (in der Hauptaxe) hinter einander, sondern in verschiedenen Höhen oder in gleicher Höhe neben einander liegen, und durch laterale Knospung eines Metameres entstehen. Dies ist verhältnissmässig häufig bei niederen Pflanzen (Thallophyten), aber nur sehr selten bei höheren Pflanzen der Fall, nämlich bei verzweigten Phanerogamen ohne Sprossgliederung (z. B. *Viscum*). Viel häufiger finden sich solche Busch-Personen als actuelle Bionten im Thierreiche, besonders bei den Mollusken, wo die meisten Bryozoen und eine Anzahl Tunicaten (viele zusammengesetzte Ascidien) hierher gehören, auch die Ketten der Salpellen (*Salpa pinnata* etc.) Ferner müssen wir als solche auch alle diejenigen falschen Coelenteraten-Stöcke betrachten, deren Hauptspross und deren Seitensprossen nicht gegliedert (geringelt oder tabulirt) sind, z. B. viele Coryniden unter den Hydroidpolypen und Perforaten unter den Anthozoen.

V. B. Die Personen als virtuelle Bionten.

Wie die morphologischen Individuen fünfter Ordnung bei den meisten Thieren als actuelle, so treten sie bei den meisten Pflanzen als virtuelle Bionten auf. Wir nennen dieselben dann Sprosse oder Blasti. Bei den allermeisten Phanerogamen erscheint der Embryo, welcher die Eihüllen durchbricht, zunächst als eine einfache, gegliederte Pflanze, d. h. als eine Person, welche fähig ist, durch laterale Knospung Seitensprosse (ebenfalls Personen) zu treiben, und so einen echten Stock (Cormus) zu bilden. Da also bei den meisten Phanerogamen der Cormus das actuelle Bion ist, so kann die Person oder der Spross, aus deren Vielheit erstere besteht, nur das virtuelle Bion sein, und also nicht das „eigentliche Individuum“, wie oft behauptet wurde. Die virtuelle Individualität der Pflanzen-Sprosse zeigt sich auch darin, dass die geschlechtslosen Personen, d. h. die „Blattsprosse“, fast immer die Fähigkeit besitzen, abgelöst vom Stocke, sich wiederum zu einem neuen Stocke zu entwickeln, indem sie durch laterale Knospung neue gegliederte Sprosse treiben, die zu einem Cormus vereinigt bleiben. Diese virtuelle Individualität der Sprosse ist für die künstliche Cultur der Pflanzen äusserst wichtig, weil auf derselben die so allgemein benutzte Möglichkeit beruht, die Pflanzen willkürlich auf ungeschlechtlichem Wege durch Ableger, Absenker etc. zu vermehren und durch Pfropfen, Oculiren etc. zu veredeln.

Ganz in derselben Weise, wie bei den meisten Phanerogamen, treten die Personen als virtuelle Bionten bei sehr vielen Coelenteraten auf, nämlich bei fast allen denjenigen, welche echte Stöcke bilden, d. h. Colonieen von gegliederten Personen. Auch hier sind, wie bei den Pflanzen, gewöhnlich die einzelnen abgelösten Sprosse fähig, sich durch Bildung von Seitensprossen alsbald wieder zu neuen Cormen zu entwickeln.

In den allermeisten Fällen sind die Personen, welche als virtuelle Bionten auftreten, Ketten-Personen. Aber auch Buschpersonen können dieselbe Function übernehmen. Es ist dies z. B. bei vielen Tunicaten, Bryozoen und diesen ähnlichen Coelenteraten-Colonieen der Fall, deren Pseudo-Cormen oder Buschpersonen sich zur Bildung echter Stöcke zu vervielfältigen vermögen, wie z. B. bei den Botrylliden. Bei diesen zusammengesetzten Ascidien vermag jede Buschperson („System von Einzelthieren“) sich zu einem zusammengesetzten Stocke zu entwickeln. Auch bei Thallophyten kommt dieser Fall vor.

V. C. Die Personen als partielle Bionten.

Weit geringere Bedeutung als die actuelle und virtuelle, hat für die Personen die partielle Individualität. Die Fälle, dass Personen eines Stockes sich spontan von diesem ablösen und ihre selbstständige

Existenz fortführen, ohne sich selbst wieder zu einem Stocke zu entwickeln, sind verhältnissmässig selten. Gewöhnlich finden wir vielmehr, dass Personen (Sprosse), welche künstlich oder natürlich von einem Stocke abgelöst werden, virtuelle, und nicht bloss partielle Bionten sind. Ein ausgezeichnetes Beispiel von partieller Individualität bietet uns die merkwürdige Wasserpflanze *Vallisneria spiralis,* bei welcher die kurzgestielten männlichen Personen (Blüthensprosse) sich zur Blüthezeit vom Stocke trennen, um an die Oberfläche des Wassers zu gelangen und dort schwimmend die langgestielten weiblichen Personen zu befruchten. Dieser interessante Fall bietet die merkwürdigste Analogie mit den Medusen, den Proglottiden der Taenien und den Hectocotylen der Cephalopoden. In allen drei Fällen lösen sich geschlechtsreife Theile vom actuellen Bion ab, um als partielle Bionten selbstständig zu erscheinen. Bei *Vallisneria* sind es morphologische Individuen fünfter, bei den Medusen und den Proglottiden vierter, beim Hectocotylus zweiter Ordnung, welche diese scheinbare Selbstständigkeit erlangen. Einen geringeren Grad partieller Individualität zeigen uns die reifen Früchte der Phanerogamen (während die darin eingeschlossenen Samen virtuelle Bionten sind). Selbst die abgerissenen Einzelblüthen der Phanerogamen (Geschlechts-Personen), welche, in Wasser gesteckt, fortblühen, können hier aufgeführt werden. Dasselbe gilt auch von vielen Personen der Coelenteraten, welche abgelöst vom Stocke, noch eine Zeit lang fort vegetiren, ohne sich zu dem actuellen Bion des Stockes ergänzen zu können.

VI. Die Stöcke als Bionten.

Physiologische Individuen sechster Ordnung.

Da die Stöcke oder Cormen die morphologischen Individuen der letzten und höchsten Ordnung sind, so könnte es zunächst scheinen, als ob in allen Fällen, wo echte, aus einem Complex von mehreren Personen bestehende Stöcke überhaupt vorkommen, dieselben gleichzeitig auch physiologische Individuen sein müssten, und es ist dies in gewissem Sinne richtig. Denn da keine höhere morphologische Individualität über dem Stocke steht, so kann derselbe auch niemals als subordinirtes Form-Individuum einer solchen eingefügt sein. Indessen lässt sich doch bei den verschiedenen Cormus-Arten, und insbesondere bei den verschiedenen Formen der zusammengesetzten Stöcke insofern ein Unterschied hinsichtlich ihrer Fähigkeit zur physiologischen Individualisation nachweisen, als nicht alle einfachen Stöcke, welche an jedem zusammengesetzten Cormus vereinigt sind, in gleichem Maasse als Bionten erscheinen können. Es wird dies sofort klar, sobald man

sich erinnert, dass auch die Blüthenstände der Phanerogamen als besondere Stöcke (als sexuelle Cormen) aufgefasst und von den geschlechtslosen Cormen (verzweigten blüthenlosen Aesten) unterschieden werden müssen. In Beiden verhält sich die physiologische Individualität verschieden. Es sind nicht alle Stöcke in gleichem Maasse fähig, als actuelle, virtuelle und partielle Bionten aufzutreten.

VI. A. Die Stöcke als actuelle Bionten.

Bei allen Arten von Organismen, welche überhaupt zur Stockbildung gelangen, wird die reife, ausgebildete und fortpflanzungsfähige Species-Form durch das morphologische Individuum sechster Ordnung repräsentirt. Es ist also hier jedes entwickelte und vollkommen ausgebildete Bion ein echter Stock (Cormus) in dem Sinne, wie wir diesen morphologischen Begriff oben festgestellt haben. Dies ist der Fall bei der grossen Mehrzahl aller Phanerogamen und bei sehr vielen Cryptogamen, unter den Thieren aber nur bei einer grossen Anzahl von Coelenteraten (vielen Hydromedusen und Anthozoen) und bei einer geringen Anzahl von Mollusken (Botrylliden und gegliederten Bryozoen). Alle verschiedenen Formen der Stöcke, welche wir oben unterschieden haben, kommen hier vor. Die einfachen Stöcke (Cormi simplices) sind jedoch im Ganzen viel seltener, als die zusammengesetzten (Cormi compositi). Die grösste Mannichfaltigkeit in der Ausbildung der Cormen als actueller Individuen wird einerseits durch das mehr oder minder bedeutende Uebergewicht des Hauptsprosses (Blastus primarius) über die Nebensprosse (Blasti secundarii) bedingt, andererseits durch die ausserordentlich verschiedenartig entwickelte Arbeitstheilung unter den Sprossen, welche den Cormus zusammensetzen. Unter den thierischen Cormen schliessen sich den Phanerogamen in dieser Beziehung am engsten die Siphonophoren-Stöcke an.

Der höchst complicirte Aufbau der zusammengesetzten Phanerogamen-Stöcke aus zahlreichen über einander geordneten Generationen von einfachen Stöcken führt zur Bildung der colossalsten und gewaltigsten Bionten, welche die organische Natur hervorbringt. Dahin gehören die riesigen Coniferen, welche die grössteAusdehnung der organischen Längsaxe unter allen Landbewohnern zeigen, und unter denen z. B. *Pinus trigona*, *P. strobus*, *Araucaria excelsa* etc. Stämme von gegen 300 Fuss Länge bilden; diese werden nur noch von den meerbewohnenden Algenriesen, der *Macrocystis pyrifera* etc. übertroffen, deren Hauptsprosse länger als 400 Fuss werden. Das Gewaltigste in der Entwickelung der Kreuzaxen leisten die imposanten Adansonien mit Stämmen von 30 Fuss Durchmesser. Als die Grossartigsten aller physiologischen Individuen müssen wir aber die Manglebäume *(Rhizophora)* und die indischen Feigenbäume *(Ficus indica)* betrachten, bei

welchen durch bleibenden Zusammenhang zahlreicher zusammengesetzter Stöcke, die aus einem einzigen hervorgehen, diese alle zusammen ein einziges Bion darstellen, oft unter der Form eines ganzen Waldes. Die colossalen Stämme und Kronen dieser Riesenbäume lassen als höchst zusammengesetzte Stöcke an Volum und Masse Alles weit hinter sich, was je einzelne Personen (z. B. Walfische) leisten können. In dieser Beziehung zeigt sich die höhere physiologische Ausbildungsstufe, welche durch Zusammensetzung der Personen zu Cormen erreicht wird, sehr deutlich.

Das Thierreich bringt nur im niedersten Stamme, bei den Coelenteraten, ausserdem nur noch bei einigen Mollusken (bei den Botrylliden und gegliederten Bryozoen), actuelle Bionten von echter Cormus-Form hervor und steht also in dieser Beziehung eine Stufe tiefer, als das Pflanzenreich. Doch übertreffen auch hier die echten stockbildenden Formen durch colossale Massenentwickelung bei weitem alle einzelnen Personen, wie schon die Anthozoen-Stöcke der Südsee zeigen, die ungeheuren inselbildenden Corallen-Riffe. Der quantitative Nachtheil, den die physiologische Individualität der höheren Thiere durch mangelnde Stockbildung erleidet, wird aber aufgewogen, ja weit überwogen durch den qualitativen Vortheil der freieren Beweglichkeit der Personen, welche bei allen höheren Thieren als actuelle Bionten fungiren. Ausserdem tritt dann hier noch an die Stelle der gebundenen Stockbildung die freiere Gemeinden- und Staaten-Bildung. Die Arbeitstheilung entwickelt sich hier in nicht minderem Maasse als dort, und die nothwendige Wechselwirkung der thierischen Personen, die in Heerden, Familien, Gemeinden, Staaten beisammen leben, ist nicht weniger innig, als diejenige, welche zwischen Personen eines und desselben Stockes stattfinden muss. Der einzige Unterschied ist, dass hier ein materielles und continuirliches, dort ein ideelles und contiguirliches Band die Vielheit der Personen zur Einheit der Gemeinde zusammenhält. Wenn wir demgemäss auch die freien Staaten der Menschen und der anderen höheren Thiere niemals als morphologische Individualitäten auffassen können, so werden sie dennoch als actuelle Bionten in weiterem Sinne zu betrachten sein.

Die mehr oder minder innigen Vereinigungen von vielen Personen, welche die actuelle physiologische Individualität der Gemeinde und des Staates bilden, sind bisher nicht näher von tectologischem Standpuncte aus als ideelle Aequivalente der Cormen, der Form-Individuen sechster Ordnung, untersucht worden. Die Bildungs-Gesetze sind hier wie dort dieselben. Die Staaten der Menschen sind ebenso wie diejenigen der anderen Thiere nach den Gesetzen der Aggregation und des Polymorphismus gebildet. Auch die verschiedenen Staatsformen wiederholen sich bei den verschiedensten Thiergruppen. Viele Thier-

namentlich Arthropoden, und unter diesen besonders die Ameisen, übertreffen viele menschliche Staaten durch die reine Entwickelung der republicanischen Staatsform, der höchsten und vollkommensten Synusie, welche grösste Freiheit mit vernünftigster Einheit verbindet.

VI. B. Die Stöcke als virtuelle Bionten.

Da alle selbstständigen echten Stöcke zur Zeit der vollständigen Reife eo ipso auch actuelle Bionten sind, so können wir als potentielle oder virtuelle Bionten alle jene Stöcke betrachten, welche noch nicht zur vollständigen Reife, die sie später erreichen, gelangt sind, also alle Pflanzenstöcke, welche noch nicht geblüht, alle Polypenstöcke, welche noch nicht Geschlechtsproducte erzeugt haben. Ueberhaupt können alle einfachen Stöcke, welche sich zu zusammengesetzten zu entwickeln vermögen, als potentielle Bionten gelten. Ausserdem werden wir aber auch alle einfachen geschlechtslosen Stöcke, welche sich im Verbande zusammengesetzter Stöcke vorfinden, z. B. alle verzweigten blüthenlosen Aeste als virtuelle Bionten betrachten können, insofern sie, losgelöst vom Ganzen, fähig sind, sich selbstständig wieder zu einem zusammengesetzten Stock zu entwickeln. Ausgeschlossen sind hiervon die geschlechtlich differenzirten Stöcke (Inflorescentien oder Blüthenstände) der Phanerogamen, welche sich niemals zu einem zusammengesetzten Stocke als actuellem Bion ergänzen können.

VI. C. Die Stöcke als partielle Bionten.

Als scheinbare oder partielle Bionten können wir nur diejenigen Stöcke betrachten, welche, abgelöst von actuellen zusammengesetzten Stöcken, nicht, gleich den so eben erwähnten, fähig sind, sich wieder durch Wachsthum zu ergänzen und zu einem vollständigen zusammengesetzten Cormus zu entwickeln, sondern nur längere oder kürzere Zeit nach ihrer Ablösung noch eine selbstständige Existenz zu fristen vermögen. Es ist dies der Fall z. B. bei den einfachen Stöcken, welche die zusammengesetzten Cormen der Siphonophoren bilden. Erstere vermögen sich von letzteren abzulösen und als partielle (aber nicht virtuelle) Bionten weiter zu leben. Ferner gehören hierher die geschlechtlich differenzirten Stöcke oder die sogenannten Blüthenstände (Inflorescentien) der Phanerogamen, welche, künstlich oder zufällig abgelöst vom Hauptstock, ebenso wie Einzelblüthen (Personen) noch eine Zeit lang weiter blühen, aber nicht wieder zum actuellen Bionten sich ergänzen können. Dieselben stehen dadurch in einem bemerkenswerthen Gegensatze zu den geschlechtslosen Personen der Phanerogamen (Blattsprossen), welche gerade umgekehrt die virtuelle Individualität in hohem Maasse und sehr allgemein besitzen.

Elftes Capitel.

Tectologische Thesen.

„Eine Erfahrung, die aus mehreren anderen besteht, ist offenbar von einer höheren Art. Auf solche Erfahrungen der höheren Art loszuarbeiten halte ich für höchste Pflicht des Naturforschers, und dahin weist uns das Exempel der vorzüglichsten Männer, die in diesem Fache gearbeitet haben."

Goethe.

I. Thesen von der Fundamental-Structur der Organismen.

1. Alle morphologischen Eigenschaften der Organismen, sowohl ihre anatomischen, als ihre Entwickelungs-Erscheinungen, und von den anatomischen Eigenschaften sowohl die tectologischen als die promorphologischen Verhältnisse, sind die nothwendigen Folgen mechanischer wirkender Ursachen.[1])

---

[1]) Indem wir am Schlusse dieses dritten Buches und der folgenden drei Bücher eine Anzahl von allgemeinen Grundsätzen der organischen Morphologie in Form von „Thesen" aussprechen, wollen wir damit nicht sowohl eine „Gesetzsammlung der organischen Morphologie" begründen, als vielmehr einen Anstoss und Fingerzeig zu einer solchen Begründung geben. Es liegt auf der Hand, dass wir gegenwärtig noch in keiner Weise befähigt sind, eine continuirliche Kette von morphologischen Gesetzen zu entwickeln, die nur einigermaassen auf unbedingte mathematische Gültigkeit und Anerkennung rechnen und sich eine lange Lebensdauer versprechen könnte. Eine Wissenschaft, die noch so sehr in primis cunabulis liegt wie die Morphologie der Organismen, muss noch bedeutende Metamorphosen durchmachen, ehe sie es wagen kann, für ihre allgemeinen Sätze den Rang von unbedingten ausnahmslos wirkenden Naturge-

2. Jeder Organismus oder belebte Naturkörper ist eine materielle Raumgrösse (Masseneinheit), welche als solche aus einer Summe von Massen-Atomen und zwischen denselben befindlichen Aether-Atomen zusammengesetzt ist.

3. Die Massen-Atome, welche jeden Organismus zusammensetzen, gehören mindestens vier verschiedenen Atom-Arten (chemischen Elementen oder Urstoffen) an, welche zu sehr verwickelten Verbindungen in demselben vereinigt sind.

4. Die chemischen Verbindungen, aus welchen jeder Organismus zusammengesetzt ist, sind theils constante, welche allen Organismen gemeinsam zukommen, theils inconstante, welche einem Theile der Organismen besonders zukommen.

5. Die constanten, allen Organismen ohne Ausnahme zukommenden chemischen Verbindungen sind Kohlenstoff-Verbindungen aus der Gruppe der Eiweisskörper (Albuminate, Protein-Verbindungen), welche alle mindestens aus vier verschiedenen Atom-Arten: Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff zusammengesetzt sind; meistens zugleich noch aus Schwefel und oft aus Phosphor.

6. Die inconstanten, nur einem Theile der Organismen zukommenden chemischen Verbindungen sind theils organische (kohlenstoffhaltige) Verbindungen (Fette, Kohlenhydrate etc.), theils anorganische (kohlenstofffreie) Verbindungen (Alkali-Salze, Kalk-Salze, Kiesel-Verbindungen etc.).

7. Von den chemischen Verbindungen, welche das materielle Substrat jedes Organismus bilden, befindet sich immer wenigstens ein Theil (und zwar ausnahmslos ein Theil der constanten Eiweiss-Verbindungen) im festflüssigen Aggregatzustande (Imbibitions-Zustande).

8. Alle Eigenschaften der Organismen sind die unmittelbaren oder mittelbaren Wirkungen der chemischen Verbindungen, aus denen sie zusammengesetzt sind, und in letzter Linie der Massen-Atome und Aether-Atome, aus welchen jene chemischen Verbindungen zusammengesetzt sind.

9. Alle Eigenschaften der Organismen sind entweder physiologische

---

setzen in Anspruch zu nehmen. Eine Anzahl solcher Gesetze glauben wir allerdings gefunden und in dem vorliegenden Werke begründet zu haben. Wir sind aber nicht im Stande, mit der erforderlichen Sicherheit zu sagen, welche von den hier formulirten allgemeinen Wahrheiten wirkliche Gesetze, welche bloss Regeln sind, welche davon eine ganz allgemeine, welche eine beschränktere Gültigkeit haben. Statt daher das Schlusscapitel jedes unserer vier morphologischen Bücher mit dem mehr versprechenden als leistenden Titel: „Theorieen und Gesetze“ zu schmücken, ziehen wir es vor, die Primordien derselben, gemischt mit einigen allgemeinen Regeln, als „Thesen“ zusammenzufassen, deren weitere Entwickelung zu Gesetzen wir von unsern Nachfolgern hoffen.

(Bewegungs-Erscheinungen der Massen-Atome und der aus ihnen zusammengesetzten Moleküle) oder morphologische (Lagerungs-Verhältnisse der Massen-Atome und der aus ihnen zusammengesetzten Moleküle).

10. Die Leistungen oder Functionen der Organismen (physiologische Eigenschaften oder Lebenserscheinungen) sind als Bewegungen (Anziehungen und Abstossungen) der Atome und Moleküle nur in einer Reihe von Zeitmomenten erkennbar und als solche Object der Physiologie (Biodynamik).

11. Die Formen oder Morphen der Organismen (morphologische Eigenschaften oder Lebensbildungen) sind als Ruhezustände (Gleichgewichtszustände) der Atome und Moleküle nur in einem einzigen Zeitmomente erkennbar und als solche Object der Morphologie (Biostatik).

12. Die Massen-Bewegungen (Anziehungen und Abstossungen der Atome und Moleküle in den organischen Verbindungen), welche wir Lebens-Erscheinungen nennen, erfolgen innerhalb jedes Organismus nach denselben ewigen und unabänderlichen Gesetzen der die gesammte Natur beherrschenden Nothwendigkeit, wie alle Bewegungs-Erscheinungen in der anorganischen Natur; alle sind mithin die nothwendigen Folgen wirkender Ursachen (nach dem allgemeinen Causal-Gesetz).

13. Die Ruhezustände (Gleichgewichts-Zustände) der Atome und Moleküle in den organischen Verbindungen, welche wir Lebens-Formen nennen, werden durch dieselben ewigen und unabänderlichen Gesetze der absoluten Nothwendigkeit bedingt, wie alle gesetzmässigen Formen in der anorganischen Natur (Krystalle); alle sind mithin die nothwendigen Folgen wirkender Ursachen (nach dem allgemeinen Causal-Gesetz).

14. Die Masse-Bewegungen der organischen Atome und Moleküle, deren Endresultat die Lebens-Formen sind, gehen immer aus von den niemals fehlenden, sehr beweglichen und veränderlichen Eiweiss-Verbindungen, welche die „active“ organische Materie oder den „Lebensstoff“ im engeren Sinne bilden.

II. Thesen von der organischen Individualität.

15. Jeder einzelne Organismus als lebendige Masseneinheit erscheint in der Form einer einheitlich abgeschlossenen und selbstständigen Raumgrösse, welche ganz oder theilweise von festflüssiger organischer Materie gebildet wird und eine einheitliche Summe von Leistungen (Lebens-Erscheinungen) ausführt.

16. Jeder einzelne Organismus, vom morphologischen Standpunkte aus betrachtet und bloss hinsichtlich seiner formellen Individualität als Einheit untersucht, erscheint als ein morphologisches Individuum.

17. Jeder einzelne Organismus, vom physiologischen Standpunkte aus betrachtet und bloss hinsichtlich seiner functionellen Individualität als Lebens-Einheit untersucht, erscheint als physiologisches Individuum oder Bion.[1])

18. Das Bion oder das physiologische Individuum als Lebenseinheit ist an ein materielles Substrat gebunden, welches entweder ein einziges einfaches morphologisches Individuum oder ein einheitlicher Complex (Synusie, Colonie) von zwei oder mehreren, innig verbundenen einfachen morphologischen Individuen ist.

19. Jeder einheitliche Complex (Synusie oder Colonie) von zwei oder mehreren, innig verbundenen einfachen morphologischen Individuen, welcher ein natürliches Ganze, eine selbstständige Formeinheit bildet, ist als ein morphologisches Individuum zweiter oder höherer Ordnung zu betrachten.

20. Alle morphologischen Individuen, welche im Thierreiche, im Protistenreiche und im Pflanzenreiche als materielle Substrate der Bionten, als Träger der einheitlichen Lebens-Erscheinung auftreten, lassen sich in sechs subordinirte Stufen oder Ordnungen gruppiren, welche wir, von unten nach oben aufsteigend, mit folgenden morphologisch bestimmten Ausdrücken bezeichnen: 1) das Plasmastück (Plastis); 2) das Werkstück (Organon); 3) das Gegenstück (Antimeros); 4) das Folgestück (Metameros); 5) die Person (Prosopon); 6) der Stock (Cormos).

21. Jede einzelne Form-Einheit höherer Ordnung ist eine Vielheit (Synusie oder Colonie) von mehreren vereinigten Formeinheiten der vorhergehenden niederen Ordnungen.

22. Nur die Plastide (entweder Cytode oder Zelle) als das morphologische Individuum erster und niederster Ordnung ist demnach ein wirklich einfaches Form-Individuum; alle übrigen morphologischen Individuen (zweiter bis sechster Ordnung) sind stets zusammengesetzte Individuen oder Colonieen (Synusieen, Complexe).

[1]) Um den schleppenden und vielsylbigen Ausdruck des „physiologischen Individuums“ zu vermeiden, haben wir denselben durch den kurzen und bezeichnenden Ausdruck des Bion ersetzt, (ὁ βίος, τὸ ὄν). Entsprechend würde sich das morphologische Individuum kurz als Morphon bezeichnen lassen (ἡ μορφή, τὸ ὄν). Wir haben indessen den Gebrauch dieser Bezeichnung hier vermieden, um nicht allzuviele neue Kunstausdrücke (deren wir ohnehin schon eine grosse Anzahl zur Bezeichnung neuer Begriffe bedürfen) in die organische Morphologie einzuführen. Da jede der sechs verschiedenen morphologischen Individualitäten ihre eigene bestimmte Bezeichnung besitzt, so kommt der Ausdruck „morphologisches Individuum“ überhaupt viel seltener zur Anwendung.

III. Thesen von den einfachen organischen Individuen.

23. Die Plastide oder das Plasmastück, als das einzige einfache organische Individuum, ist das allgemeine Form-Element aller Organismen, die gemeinsame Grundlage aller Thiere, Protisten und Pflanzen ohne Ausnahme.

24. Jede lebende Plastide ohne Ausnahme besteht aus einem zusammenhängenden Stücke einer festflüssigen Eiweiss-Verbindung (Plasma), welche den eigentlich activen Lebensstoff repräsentirt, indem sie in beständiger chemischer Umsetzung begriffen ist, und dadurch die Lebens-Bewegungen veranlasst.

25. Alle die endlos mannichfaltigen und verschiedenartigen morphologischen und physiologischen Eigenschaften der Organismen sind lediglich die unmittelbaren oder mittelbaren Wirkungen der endlos mannichfaltigen und verschiedenartigen atomistischen Zusammensetzung der Eiweiss-Verbindungen, welche als individuelle Plasmaklumpen das Plasma der Plastiden bilden.

26. In allen Plastiden ist das Plasma entweder der einzige active Bestandtheil (das „Lebenselement"), oder es hat sich im Innern des Plasma ein zweiter activer Bestandtheil aus demselben differenzirt, der Kern oder Nucleus, welcher aus einer von dem Plasma verschiedenen Eiweiss-Verbindung besteht.

27. Die Zellen, als Plastiden mit Plasma und Kern, sind demnach als eine höhere Entwickelungsstufe, von den unvollkommeneren Cytoden, den einfachen Plasmaklumpen ohne Kern zu unterscheiden.

28. Alle Formbestandtheile der Plastiden, und also der Organismen überhaupt (als einfacher Plastiden oder Plastiden-Complexe), welche nicht actives Plasma oder activer Kern sind, werden als passive oder secundäre von jenen activen oder primären Plastiden-Theilen gebildet, entweder äusserlich (Zellenmembranen und Intercellular-Substanzen) oder innerlich (innere Plasma-Producte).

IV. Thesen von den zusammengesetzten organischen Individuen.

29. Alle morphologischen und physiologischen Eigenschaften der zusammengesetzten organischen Individuen (zweiter bis sechster Ordnung) sind die nothwendige Wirkung der sie constituirenden einfachen Individuen (Plastiden) und zwar in letzter Instanz ihrer activen Bestandtheile (Plasma und Kern).

30. Die Composition der zusammengesetzten Individuen aus Aggregaten von einfachen Individuen erfolgt in den Organismen aller drei Reiche (Thieren, Protisten und Pflanzen) nach denselben einfachen Gesetzen.

31. Das Organ (in rein morphologischem Sinne, als das morphologische Individuum zweiter Ordnung) ist ein Complex von zwei oder mehreren vereinigten Plastiden (Cytoden oder Zellen).

32. Das Antimer oder der homotype Stücktheil ist ein Complex von zwei oder mehreren vereinigten Organen.

33. Das Metamer oder der homodyname Stücktheil ist ein Complex von zwei oder mehreren vereinigten Antimeren.

34. Die Person oder das Prosopon ist ein Complex von zwei oder mehreren vereinigten Metameren.

35. Der Stock oder Cormus ist ein Complex von zwei oder mehreren vereinigten Personen.

V. Thesen von der physiologischen Individualität.

36. Jede bestehende Art oder Species von Organismen ist aus allen physiologischen Individuen zusammengesetzt, welche unter nahezu gleichen Verhältnissen oder doch unter sehr ähnlichen Existenz-Bedingungen eine nahezu gleiche oder doch sehr ähnliche Formenreihe während ihrer individuellen Entwickelung durchlaufen.

37. Für jede Art oder Species von Organismen ist die Stufe der morphologischen Individualität, welche das vollständig reife und ausgebildete physiologische Individuum repräsentirt, eine constante, welche wir mit dem Ausdruck des actuellen Bion bezeichnen.

38. Wirklich einfache Organismen-Species können bloss die Monoplastiden genannt werden, d. h. diejenigen Arten, bei welchen das actuelle Bion sowohl, als alle Entwickelungsstadien desselben, den Formen-Werth einer einzigen Plastide (entweder einer Cytode oder einer Zelle) besitzen.[1])

39. Alle Organismen-Arten, welche als actuelle Bionten aus zwei oder mehreren Plastiden zusammengesetzt sind, und demgemäss den Form-Werth eines morphologischen Individuums zweiter bis sechster Ordnung haben, können als zusammengesetzte Organismen-Species oder Polyplastiden bezeichnet werden.

40. Alle Organismen, welche als actuelle Bionten durch morphologische Individuen zweiter bis sechster Ordnung dargestellt werden (also alle zusammengesetzte Organismen-Species), durchlaufen während ihrer individuellen Entwickelung die vorhergehenden niederen Individualitätsstufen, von der ersten an.

---

[1]) Monoplastiden sind also sowohl alle echt „einzelligen" (monocyten) Organismen (z. B. die solitären Diatomeen), als auch alle „kernlosen einzelligen" (also monocytoden) Organismen, z. B. *Caulerpa* und andere kernlose Siphoneen.

41. So lange das Bion sich auf einer morphologischen Individualitätsstufe befindet, welche niedriger ist, als diejenige, welche es später als actuelles Bion erreicht, muss dasselbe entweder als virtuelles oder als partielles bezeichnet werden.

42. Als virtuelles oder potentielles Bion muss das physiologische Individuum unterschieden werden, wenn dasselbe die Fähigkeit besitzt, sich zu der höheren morphologischen Individualitätsstufe zu entwickeln, welche dem actuellen Bion seiner Species eigenthümlich ist.

43. Als partielles oder scheinbares Bion dagegen muss das physiologische Individuum angesehen werden, wenn es zwar die Fähigkeit besitzt, als selbstständige Lebenseinheit längere oder kürzere Zeit zu existiren, nicht aber sich zu der morphologischen Individualitätsstufe zu entwickeln, welche dem actuellen Bion seiner Species eigenthümlich ist.

44. Sowohl die actuellen, als die virtuellen, als die partiellen Bionten können als materielles Substrat jede der sechs morphologischen Individualitäts-Ordnungen haben.

45. Alle physiologischen Individuen, gleichviel welche morphologische Individualitäts-Ordnung ihr materielles Substrat bildet, sind in allen ihren Leistungen und Form-Verhältnissen auf die morphologischen Individuen erster Ordnung, die Plastiden (Cytoden und Zellen) als „Elementar-Organismen" zurückzuführen, da jedes Bion entweder selbst eine einfache Plastide (Monoplastis) oder ein Aggregat (Synusie, Colonie, Complex) von mehreren Plastiden ist (Polyplastis).

46. Sämmtliche physiologische und morphologische Eigenschaften eines jeden polyplastiden Organismus erscheinen mithin als das nothwendige Gesammtresultat aus den physiologischen und morphologischen Eigenschaften aller Plastiden, welche denselben zusammensetzen.

VI. Thesen von der tectologischen Differenzirung und Centralisation.

47. Die Structur oder der Bau (die innere Form) der Organismen ist das Verhältniss der einzelnen constituirenden Bestandtheile der Organismen zu einander und zum Ganzen.

48. Bei den monoplastiden Organismen, welche als actuelle Bionten stets auf der ersten morphologischen Individualitätsstufe stehen bleiben, ist demnach die Structur durch das Verhältniss der (activen) constituirenden Plasma-Moleküle und der von ihnen producirten anderen (passiven) Stoff-Moleküle zu einander und zum Ganzen bestimmt.

49. Bei den polyplastiden Organismen hingegen, welche als actuelle Bionten die zweite oder eine noch höhere morphologische Individualitätsstufe erreichen, ist die Structur durch das Verhältniss bestimmt, welches die constituirenden morphologischen Individuen von

allen untergeordneten, und in letzter Instanz von der ersten Individualitäts-Stufe zu einander und zum Ganzen einnehmen.

50. Die verschiedenen Grade der morphologischen Vollkommenheit, welche die verschiedenen Organismen-Arten zeigen, sind theils durch ihre tectologischen, theils durch ihre promorphologischen Eigenschaften bedingt, also weder allein durch die Structur, noch allein durch die Grundform.[1])

51. Die verschiedenen Grade der Vollkommenheit der Organismen sind, insofern sie unmittelbar auf den Structur-Verhältnissen beruhen, durch mehrere verschiedene tectologische Momente bestimmt, welche wesentlich auf dem gegenseitigen Verhältniss der aggregirten morphologischen Individuen verschiedener Ordnung zu einander und zum Ganzen beruhen.

52. Der Organismus ist um so vollkommener, je höher der morphologische Individualitäts-Grad ist, zu welchem er sich erhebt, je grösser also die Zahl der untergeordneten Individualitätsstufen ist, welche ihn zusammensetzen.

53. Der Organismus ist, falls er aus gleichartigen Plastiden zusammengesetzt ist, um so vollkommener, je grösser die Anzahl der constituirenden Plastiden ist.

---

[1]) Wir haben es im Vorhergehenden vermieden, die verwickelte Frage von der „Vollkommenheit und Unvollkommenheit, der höheren und niederen Stellung, der zusammengesetzten und einfachen Natur" der verschiedenen Organismen-Arten speciell zu erörtern, deren Behandlung bei den verschiedenen Autoren das klarste Bild von der chaotischen Verwirrung und dem Mangel fester Begriffsbestimmungen in der organischen Morphologie liefert. Nicht allein hat man fast allgemein versäumt, die ganz verschiedene Art der Vollkommenheit oder Ausbildungsstufe zu unterscheiden, welche durch die Differenzirung der Structur, und diejenige, welche durch die Differenzirung der Grundform bedingt ist; sondern man hat oft selbst nicht zwischen physiologischer und morphologischer Vervollkommnung unterschieden. Ferner hat in dieser schwierigen Frage der Umstand sehr verhängnissvoll die Verwirrung vermehrt, dass man nicht allein in jeder kleineren, sondern auch in den grösseren Organismen-Gruppen bestrebt war, alle existirenden Formen in einer einzigen aufsteigenden Stufenleiter der Vollkommenheit hinter einander zu ordnen. Diese Vorstellung ist aber grundfalsch, da wegen der allgemeinen „Divergenz der Charactere" überall die verwandten Formen und Formengruppen in das baumförmige Schema von coordinirten und subordinirten, niemals in das leiterförmige Schema von bloss subordinirten Ausbildungsstufen geordnet werden müssen. Allein schon aus diesem Umstande, der im sechsten Buche näher erläutert wird, ist es sehr wichtig, die verschiedenen Arten oder Modi der Vollkommenheit, des zusammengesetzteren und einfachen Baues, der höheren und niederen Stellung, scharf zu unterscheiden. Das Wichtigste ist hierbei zunächst die Trennung der wesentlich verschiedenen tectologischen und promorphologischen Differenzirung, des Ausbildungsgrades der Structur und der Grundform.

54. Der Organismus ist, falls er aus ungleichartigen Plastiden zusammengesetzt ist, um so vollkommener, je ungleichartiger die constituirenden Plastiden sind (Gesetz der Differenzirung der Plastiden).

55. Jede morphologische Individualität irgend einer Ordnung ist um so vollkommener, je ungleichartiger die in Mehrzahl vorhandenen Individuen der nächst tieferen Ordnung sind, welche sie constituiren, je grösser also deren Polymorphismus (Arbeitstheilung, Differenzirung) ist.

56. Der Organismus ist um so vollkommener, je abhängiger die gleichartigen Individualitäten, welche ihn zusammensetzen, von einander und vom Ganzen sind, und je mehr also der ganze Organismus centralisirt ist, und alle subordinirten Individualitäten beherrscht (Gesetz der Centralisation).

57. Jedes einzelne Form - Individuum irgend einer Ordnung ist dagegen um so vollkommener, je unabhängiger dasselbe von seinen coordinirten Genossen (den anderen Form-Individuen derselben Ordnung) und je unabhängiger es zugleich von dem übergeordneten Ganzen ist (Gesetz der individuellen Autonomie).

58. Der Organismus ist um so vollkommener, je höher zwischen allen untergeordneten Individualitäten, welche ihn zusammensetzen, der Grad der Arbeitstheilung und der Grad der Wechselwirkung ist, je grösser mithin die Differenzirung und die Centralisation des ganzen Organismus ist.

VII. Thesen von der Vollkommenheit der verschiedenen Individualitäten.

59. Die Form-Individuen erster Ordnung, die Plastiden (Cytoden und Zellen), sind allgemein um so vollkommener, je grösser die Anzahl der constituirenden Plasmamoleküle ist, je differenter ihre atomistische Zusammensetzung und folglich ihre physiologische Function ist, je abhängiger mithin dieselben von einander und von der ganzen Plastide sind, und je mehr die ganze Plastide centralisirt und von dem etwa übergeordneten Organe unabhängig ist.

60. Die Form-Individuen zweiter Ordnung, die Organe, sind allgemein um so vollkommener, je grösser die Anzahl ihrer constituirenden Plastiden ist, je differenter deren chemische Zusammensetzung und folglich auch ihre physiologische Function ist, je abhängiger mithin die Plastiden von einander und vom ganzen Organ sind, und je mehr das ganze Organ centralisirt und von dem etwa übergeordneten Antimer unabhängig ist.

61. Die Form-Individuen dritter Ordnung oder Antimeren sind allgemein um so vollkommener, je grösser die Anzahl der constituirenden Organe, je differenter deren histologische Zusammensetzung, und

folglich auch ihre physiologische Function ist, je abhängiger mithin die Organe von einander und vom ganzen Antimer sind, und je mehr das ganze Antimer centralisirt und von dem etwa übergeordneten Metamer unabhängig ist. [1])

62. Die Form-Individuen vierter Ordnung, die Metameren oder Folgestücke, sind allgemein um so vollkommener, je differenzirter, je ungleichartiger ihre homotypische, organologische und histologische Zusammensetzung, und folglich auch je vielseitiger ihre physiologische Function ist, je abhängiger mithin die constituirenden Plastiden, Organe und Antimeren von einander und vom ganzen Metamer sind, und je mehr das ganze Metamer centralisirt und von der etwa übergeordneten Person unabhängig ist.

63. Die Form-Individuen fünfter Ordnung, die Personen oder Prosopen, sind allgemein um so vollkommener, je differenzirter, je ungleichartiger ihre homodyname, homotypische, organologische und histologische Zusammensetzung, und folglich auch je vielseitiger ihre physiologische Function ist, je abhängiger mithin die constituirenden Plastiden, Organe, Antimeren und Metameren von einander und vom ganzen Prosopon sind, und je stärker die ganze Person centralisirt und von dem etwa übergeordneten Stocke unabhängig ist.

---

[1]) Die vielfachen tectologischen Schwierigkeiten, welche bei den höheren Organismen dadurch entstehen, dass die verschiedenen morphologischen Individualitäten sich auf das Vielfältigste durch einander weben und oft in der verwickeltsten Weise verbinden, sind zum Theil von uns schon in den vorhergehenden Capiteln besprochen worden. Besonders leicht können in dieser Hinsicht Täuschungen durch die gegenseitige Durchflechtung der Metameren und Antimeren, sowie der Organe, welche als Epimeren und Parameren in ihrer gegenseitigen relativen Lagerung ähnliche Complicationen zeigen, hervorgerufen werden (vgl. p. 311, 316). Zum Theil liegt auch hierin der Grund, dass die homotypen und homodynamen Verhältnisse bisher überhaupt so wenig berücksichtigt und nicht gehörig aufgeklärt worden sind. Was das wichtige tectologische Verhältniss der Antimeren zu den Metameren betrifft, so wollen wir hier schliesslich noch ausdrücklich hervorheben, dass wir bei der Tectologie der Personen, insofern sie deren Zusammensetzung aus Antimeren betrifft, stets die Zahl der Antimeren, ebenso wie bei den Metameren, und unabhängig von der Anzahl der letzteren bestimmen, weil diese hierbei ohne Einfluss ist. Strenggenommen müssten wir einem Wirbelthier, welches aus vierzig Metameren besteht, achtzig Antimeren zuschreiben, weil jedes Metamer aus zwei Antimeren besteht. Wir schreiben aber der ganzen Person hier nur zwei Antimeren zu, weil die gleiche homotype Zusammensetzung sich in allen homodynamen Abschnitten wiederholt. Ebenso schreiben wir einer fünfstrahligen Blüthe mit sechs fünfgliederigen Blattkreisen (Metameren) oder einem fünfarmigen Crinoid mit sechs Metameren nicht dreissig, sondern fünf Antimeren zu. Die Beachtung dieser Bestimmung ist besonders von grosser Bedeutung für die richtige Erkenntniss der Grundformen.

64. Die Form-Individuen sechster Ordnung, die Stöcke oder Cormen, sind allgemein um so vollkommener, je differenzirter, je ungleichartiger ihre prosopologische, homodyname, homotypische, organologische und histologische Zusammensetzung, und folglich auch je vielseitiger ihre physiologische Function ist, je abhängiger mithin die constituirenden Plastiden, Organe, Antimeren, Metameren und Personen (Sprosse) von einander und vom ganzen Stocke sind, und je stärker also der ganze Stock centralisirt ist.

Viertes Buch.

Zweiter Theil der allgemeinen Anatomie.

Generelle Promorphologie

oder

Allgemeine Grundformenlehre der Organismen.

(Stereometrie der Organismen.)

„Freudig war seit vielen Jahren
Eifrig so der Geist bestrebt,
Zu erforschen, zu erfahren,
Wie Natur im Schaffen lebt.
Und es ist das ewig Eine,
Das sich vielfach offenbart;
Klein das Grosse, gross das Kleine,
Alles nach der eignen Art,
Immer wechselnd, fest sich haltend,
Nah und fern, und fern und nah
So gestaltend, umgestaltend —
Zum Erstaunen bin ich da."

Goethe.

Zwölftes Capitel.

Begriff und Aufgabe der Promorphologie.

„Was man an der Natur Geheimnissvolles pries,
Das wagen wir verständig zu probiren,
Und was sie sonst organisiren liess,
Das lassen wir krystallisiren."

Goethe.

I. Die Promorphologie als Lehre von den organischen Grundformen.

Die Promorphologie oder Grundformenlehre der Organismen ist die gesammte Wissenschaft von der äusseren Form der organischen Individuen, und von der stereometrischen Grundform, welche derselben zu Grunde liegt, und auf deren Erkenntniss durch Abstraction sich jede wissenschaftliche Darstellung einer organischen Form stützen muss. Die Aufgabe der organischen Promorphologie ist mithin die Erkenntniss und die Erklärung der organischen individuellen Gesammtform durch ihre stereometrische Grundform d. h. die Bestimmung der idealen Grundform durch Abstraction aus der realen organischen Form, und die Erkenntniss der bestimmten Naturgesetze, nach denen die organische Materie die äussere Gesammtform der organischen Individuen bildet.

Begriff und Aufgabe der organischen Promorphologie, wie wir sie ier feststellen und bereits oben (p. 30, 46, 49) im Allgemeinen errtert haben, sind bisher noch nicht Gegenstand von eingehenden orphologischen Untersuchungen gewesen. Die Vorwürfe, welche die

meisten Zoologen und Botaniker hinsichtlich der allgemeinen Vernachlässigung der Tectologie verdienen, gelten in noch höherem Maasse hinsichtlich der Promorphologie. Nur sehr wenige Naturforscher haben versucht, in der scheinbar gesetzlosen und ganz unberechenbaren Formenmannichfaltigkeit des Thier- und Pflanzenreichs nach der Erkenntniss allgemeiner Gesetze zu streben, nach denen diese Formen gebildet sind. Nur Einzelne haben den wenig berücksichtigten Versuch gemacht, mathematisch bestimmbare Grundformen aufzufinden, welche die nothwendige Gesetzlichkeit auch in den complicirtesten Bildungen der organischen Naturkörper verrathen; aber auch diese sind meistens bald vor den grossen Schwierigkeiten zurückgeschreckt, welche einer mathematischen Erkenntniss der organischen Formen entgegenstehen, und welche bei jedem tieferen Eindringen in das Räthsel ihrer höchst complicirten Bildungen die erstere unmöglich erscheinen lassen.

Die anorganische Morphologie ist in dieser Beziehung der organischen unendlich voraus. Derjenige Wissenschaftszweig, welcher dort der organischen Promorphologie entspricht, ist die Krystallographie, und es ist bekannt, welchen hohen Grad wissenschaftlicher Vollendung, vorzüglich durch strenge Anwendung der rein mathematischen Methode, diese „Promorphologie der Anorgane“ erlangt hat. Von der Krystallographie lernen wir, dass die Erkenntniss des Wesens der Form nicht durch die blosse Beschreibung der realen Form des Individuums, sondern durch die Construction seiner idealen Grundform gewonnen wird. Der wissenschaftlichen Mineralogie genügt nicht die genaueste äusserliche Beschreibung eines individuellen Krystalles, wenn nicht das Verhältniss seiner verschiedenen Axen und deren Pole zu einander erörtert und daraus die ideale stereometrische Grundform des Krystalles, sein „System“ erkannt ist. Bei den Organismen dagegen begnügt man sich fast allgemein mit der blossen Beschreibung entweder der äusseren Oberflächen oder der inneren Structur, und vernachlässigt die ideale stereometrische Grundform, welche auch hier unter der verwickelten individuellen Form verborgen liegt, entweder gänzlich, oder glaubt genug gethan zu haben, wenn man sie entweder als „bilateral-symmetrische“ oder als „radial-reguläre“ bezeichnet.

Wir befinden uns also hier beim Eintritt in die Promorphologie in der seltsamen Lage, die Wissenschaft, deren Grundzüge wir darstellen wollen, nicht allein in den ersten embryonalen Anfängen schlummernd, sondern sogar nicht einmal als selbstständige individuelle Disciplin anerkannt zu finden. Die Promorphologie der Organismen, welche nach unserer Ueberzeugung ein so wichtiger Bestandtheil der organischen Morphologie ist, dass wir ihn sogar der Tectologie als anderen ebenbürtigen Hauptzweig der Anatomie gegen-

überstellen, ist in der That als solcher bisher noch von keinem Naturforscher anerkannt, und selbst von den wenigen denkenden Männern, welche ihm ihre Aufmerksamkeit zuwandten, nicht in gehörigem Maasse cultivirt und hervorgehoben worden.

Wenn wir daher im Folgenden die Fundamente der organischen Promorphologie für die gesammte Formenwelt der drei organischen Reiche festzustellen versuchen, so haben wir nicht allein mit der grossen Schwierigkeit des Gegenstandes an sich zu kämpfen, sondern in noch höherem Maasse mit den Vorurtheilen der Zeitgenossen, welche grösstentheils diesem ersten Versuche einer „organischen Stereometrie“ in erhöhtem Maasse die Ungunst der Beurtheilung zuwenden werden, die unsere morphologischen Reformversuche überhaupt zu erwarten haben. Es erscheint desshalb nothwendig, ehe wir die bisher unternommenen promorphologischen Versuche überblicken, den Begriff der organischen Grundform selbst, wie er uns persönlich vorschwebt und im Folgenden speciell untersucht ist, in seiner allgemeinen Bedeutung kurz zu erörtern und festzustellen.

II. Begriff der organischen Grundform im Allgemeinen.

Unter organischer Grundform oder Promorphe verstehen wir allgemein denjenigen mathematischen Körper, welcher der äusseren Form jedes organischen Individuums erster bis sechster Ordnung zu Grunde liegt, und welcher mit dieser letzteren in allen wesentlichen Verhältnissen der formbestimmenden Körperaxen und ihrer beiden Pole übereinstimmt. Die ideale stereometrische Grundform sowohl als die reale Form des organischen Individuums, in welcher die erstere verkörpert ist, sind also lediglich durch ihre fest bestimmten Axen und deren beide Pole erkennbar und einer mathematischen Bestimmung fähig. Mithin sind nur diejenigen organischen Individuen von dieser stereometrischen Erkenntniss ausgeschlossen, bei denen wegen absoluten Mangels jeder bestimmten Axe auch eine stereometrische Grundform nicht ausgesprochen ist, nämlich die absolut unregelmässigen oder amorphen Gestalten, welche wir in der Formengruppe der Axenlosen (Anaxonia) zusammenfassen. Diese „axenlosen“ organischen Individuen verhalten sich zu der grossen Mehrzahl der „axenfesten“ oder Axonien ebenso, wie die amorphen Anorgane zu den Krystallen. Doch lässt sich auch für die Anaxonien eine stereometrische Behandlungsweise finden, wie im ersten Abschnitt des dreizehnten Capitels gezeigt werden wird.

Die ideale stereometrische Grundform, welche wir in jedem realen organischen Form-Individuum erster bis sechster Ordnung verkörpert

finden, ist eine absolut bestimmte, eine vollkommen constante und daher gesetzmässige. In dieser Constanz der idealen stereometrischen Grundform, d. h. in ihrem nothwendigen causalen Zusammenhange mit den formbildenden Ursachen der realen organischen Form, kurz in ihrer Gesetzmässigkeit, liegt der hohe Werth, den dieselbe für eine wissenschaftliche Erkenntniss und Darstellung der realen organischen Formen besitzt. Es wird nämlich dadurch möglich, alle wesentlichen Form-Verhältnisse jedes organischen Körpers durch den einfachsten Ausdruck mit mathematischer Sicherheit zu bezeichnen. Die einfache Angabe der stereometrischen Grundform jedes morphologischen Individuums genügt vollkommen, um alle characteristischen Form-Eigenschaften desselben mit einem einzigen Wort zu bezeichnen, an welches dann die Beschreibung der äusseren Einzelheiten sich ohne Mühe anschliessen lässt. In dieser Beziehung ist die Promorphologie der wahre mathematische Grundstein der mechanischen Morphologie der Organismen im Allgemeinen und der descriptiven Morphographie im Besonderen.

Die Form jedes Körpers, als die Summe aller äusseren Grenzflächen, Grenzlinien und Grenzwinkel desselben, ist im Allgemeinen nichts Anderes als das Lagerungsverhältniss der constituirenden Bestandtheile des Körpers, oder, genauer ausgedrückt, das Resultat aus der Zahl und Grösse, der gegenseitigen Lagerung und Verbindung, der Gleichheit oder Ungleichheit aller constituirenden Bestandtheile des Körpers. Wenn wir nun diese allgemeine Definition der Form jedes Körpers auf die ideale organische Grundform übertragen, welche einem morphologischen Individuum bestimmter Ordnung zu Grunde liegt, so zeigt sich auch diese wesentlich als das nothwendige Resultat der Zahl und Grösse, Lagerung und Verbindung, Gleichheit oder Ungleichheit der constituirenden Formbestandtheile, d. h. zunächst der morphologischen Individuen der nächst niederen Ordnung. Schon hieraus ist klar, dass die stereometrische Grundform jedes morphologischen Individuums nicht bloss aus der Oberflächen-Betrachtung seines Aeusseren erkannt werden kann, dass vielmehr dazu eine vollständige Erkenntniss seiner inneren Zusammensetzung aus den subordinirten Formindividuen niederer Ordnung unentbehrlich ist. Obgleich also die Promorphologie wesentlich die Aufgabe hat, die äussere Form jedes gegebenen morphologischen Individuums geometrisch zu erklären, kann sie diese Aufgabe doch nur lösen durch die vorhergegangene tectologische Erkenntniss seiner inneren Form, seiner Structur. Aus diesem Grunde muss also stets die tectologische Erkenntniss jedes organischen Form-Individuums seiner promorphologischen vorausgehen.[1])

[1]) Wie wichtig die tectologische Erkenntniss der inneren Structur

Die organische Grundform ist also keineswegs eine willkührliche Abstraction, welche wir durch beliebige Hervorhebung oder willkührliche Ergänzung einzelner Begrenzungs-Flächen, Linien oder Winkel des organischen Körpers erhalten, sondern sie ist der nothwendige und unveränderliche Ausdruck des constanten Lagerungs-Verhältnisses aller constituirenden Bestandtheile der organischen Form zu einander und zum Ganzen. Jedes organische Form-Individuum besitzt also in jedem gegebenen Zeitmomente nur eine einzige constante geometrische Grundform.

III. Verschiedene Ansichten über die organischen Grundformen.

Die allgemeine Existenz constanter stereometrischer Grundformen in allen realen morphologischen Individuen ist bisher nicht in dem Sinne, wie wir sie so eben bestimmt haben, anerkannt worden. Zwar haben einige wenige denkende Morphologen, unter denen namentlich Bronn, Johannes Müller, Burmeister, G. Jäger hervorzuheben sind, versucht, die verwickelten Thierformen auf einfache geometrische Grundformen zurückzuführen. Indessen galt es doch bei der Mehrzahl der organischen Morphologen, und zwar bei den Botanikern noch mehr, als bei den Zoologen, als feststehendes Dogma, dass eine solche Reduction entweder gar nicht oder nur in höchst beschränktem Maasse möglich sei. Vergleicht man in dieser Beziehung die einleitenden Bemerkungen, welche selbst die besseren zoologischen und botanischen Lehrbücher über die allgemeine Form der Thiere und Pflanzen geben, so wird man meistens weiter Nichts finden, als die kurze Angabe, dass der Körper der Organismen, sowohl der Thiere als der Pflanzen, von höchst complicirten gekrümmten Flächen und krummen Linien begrenzt werde, während die reinen Formen der anorganischen Naturkörper, der Krystalle, sich durch ebene Flächen und grade Linien scharf unterscheiden sollen. Es wird sogar diese Differenz als eine der wesentlichsten aufgeführt, welche die beiden grossen Hauptabtheilungen der Naturkörper, organische und anorganische, trennen; auch wird oft noch hinzugefügt, dass eine mathematische Bestimmung der Form, eine Reduction auf einfache geometrische Grundformen, wie sie bei den Krystallen so leicht durchzuführen, und Aufgabe der

---

promorphologische Verständniss der äusseren Form ist, mag das Beispiel der Ctenophoren zeigen. Vielfach wird als deren Grundform das Ei oder das Ellipsoid angegeben, welches aber nur die Grundform der Hautdecken ist; die Promorphe des Ganzen ist vielmehr die achtseitige amphithecte Pyramide. Ebenso ist bei den Cidariden (den regulären Seeigeln) die Grundform nicht die Kugel (diese ist bloss die Grundform der Schale!), sondern die fünfseitige reguläre Pyramide.

Krystallographie sei, bei den Thieren und Pflanzen auf unüberwindliche Hindernisse stosse. Entweder sollen geometrisch reine Formen, wie die meisten Krystalle (aber auch nur annähernd!) darstellen, im Organismus gar nicht vorkommen, oder ihre Regelmässigkeit soll sich darauf beschränken, dass die eine Gruppe der Formen symmetrisch oder bilateral, d. h. aus zwei gleichen Hälften zusammengesetzt, die andere Gruppe dagegen regulär oder radial, d. h. aus mehr als zwei gleichen Stücken zusammengesetzt sei. Dem entsprechend werden sämmtliche organische Formen von den meisten Morphologen in drei grosse Gruppen gebracht: I. absolut unregelmässige Formen (nicht halbirbar); II. regelmässige (oder strahlige) Formen (in zwei oder mehreren Richtungen halbirbar); III. symmetrische (oder zweiseitige) Formen (nur in einer einzigen Richtung halbirbar).

Am wenigsten hat bisher die Frage nach der stereometrischen Grundform des Organismus die Botaniker beschäftigt, obschon in vielen Pflanzen dieselbe überraschend rein und scharf ausgesprochen ist, allerdings mehr in einzelnen Theilen (z. B. symmetrischen Blättern, pyramidalen Früchten, tetraedrischen und dodecandrischen Pollen-Zellen), als in ganzen Pflanzen höherer Form-Ordnung. Schleiden sagt bloss: „Regelmässig nennt man bei der Pflanze solche Formen, die sich mit vielen Schnitten durch eine angenommene Axe in zwei gleiche Theile theilen lassen, symmetrisch dagegen solche, die nur durch einen einzigen Schnitt in zwei gleiche Theile, die sich dann wie rechte und linke Hand verhalten, getheilt werden können." E. Meyer nennt die ersteren (die regulären Formen) concentrische, die letzteren ebenfalls symmetrische, und unterscheidet als eine dritte Form die diaphorischen (unseren Dysdipleura entsprechend), bei welcher rechte und linke Hälfte einen organischen Gegensatz (durch ungleiches Wachsthum) bildet, durch welchen ihre Symmetrie theilweis wieder aufgehoben wird. Auch Hugo von Mohl hat in seiner Dissertation „über die Symmetrie der Pflanzen" (1836) nur diese drei verschiedenen Grundformen betrachtet und mit besonderer Rücksicht auf ihre Beziehungen zum Wachsthume und zur Differenzirung (besonders bei den niederen Pflanzen) erläutert, obwohl seine schönen Untersuchungen über den Pollen (1834) ihn hätten veranlassen können, die Frage auch von einem weiteren Gesichtspunkte aus zu behandeln und namentlich die rein stereometrische Grundform vieler Zellen hervorzuheben. Er behandelt aber nur die Symmetrie des Thallus, des Stengels und Blattes und die allmähligen Uebergänge der symmetrischen einerseits in die regulären („concentrischen") andererseits in die diaphorischen (asymmetrischen, unsere dysdipleuren) Formen.

Weit allgemeiner und eingehender, als die Botaniker, haben sich die Zoologen mit den organischen Grundformen hinsichtlich ihrer Ein-

theilung in irreguläre, reguläre und symmetrische beschäftigt. Hier ist sogar vielfach die Ansicht verbreitet, dass man symmetrische oder Bilateral-Thiere und reguläre oder Strahl-Thiere als zwei Hauptgrundformen des Thierreiches unterscheiden könne. Zu den bilateralen oder symmetrischen Thieren, bei denen der Körper aus zwei gleichen oder ähnlichen Theilhälften besteht, werden von den meisten Zoologen die drei Stämme der Vertebraten, Articulaten und Mollusken gerechnet, zu den regulären oder strahligen Thieren dagegen, bei denen der Körper aus drei oder mehr gleichen Theilen besteht, die beiden Stämme der Echinodermen und Coelenteraten. Einige Autoren stellen zu den Strahlthieren als einen dritten Stamm auch noch die bunte Collectivgruppe der „Protozoen", während Andere die Gruppe der Strahlthiere auf die Echinodermen und Coelenteraten beschränken und die Protozoen als eine dritte, unregelmässige oder unsymmetrische Gruppe des Thierreiches aufstellen, bei welcher gleiche Theile überhaupt nicht zu unterscheiden seien. Eine weitere Unterscheidung von thierischen Grundformen, als diese zwei oder drei, ist gewöhnlich nicht zu finden, ebenso wenig eine ausführlichere Erörterung der wichtigen Unterschiede, welche diese Differenzen im ganzen Körperbau bedingen. Von den meisten Zoologen wird diese Frage, welche die wichtigsten Grundsätze der allgemeinen Morphologie berührt, und die ganze Auffassung der organischen Form wissenschaftlich reguliren muss, vielmehr als eine gleichgültige Nebensache vernachlässigt.

Derjenige Naturforscher, welcher sich mit diesen morphologischen Grundfragen am eingehendsten beschäftigt hat, ist Bronn, auf dessen treffliche Arbeiten wir nachher zurückkommen. Ausserdem sind Burmeister und G. Jäger unter den wenigen Zoologen hervorzuheben, welche auf diese Verhältnisse mehr Gewicht gelegt und darauf sogar eine Eintheilung des ganzen Thierreiches basirt haben. Die „Strahlform" der Radiaten hat neuerdings Agassiz besonders betont. Burmeister[1]) theilt das ganze Thierreich nach der dreifach verschiedenen Grundform in drei verschiedene Hauptabtheilungen: I. Irreguläre, II. Reguläre, III. Symmetrische Thiere, und definirt dieselben folgendermaassen: I. Irreguläre Thiere (1. Infusorien. 2. Rhizopoden). Nicht halbirbar. „Die Oberfläche ist in ihrem Abstande vom Mittelpunkt ohne alles bestimmte Gesetz; d. h. die verschiedenen Punkte der Oberfläche verhalten sich in ihren Distanzen vom Mittelpunkt verschieden, sie folgen absolut keiner angebbaren Regel." II. Reguläre Thiere (1. Polypina, 2. Medusina, 3. Radiata). Nach mehr als einer einzigen Richtung halbirbar. „Die Oberfläche verhält sich zum Mittelpunkt gesetzlich, aber das Gesetz ist nicht für alle Punkte dasselbe, sondern nur für gewisse, nach endlichem Zahlenwerthe bestimmbare. Alle natürlichen Formen dieser Kategorie lassen sich nicht nach un-

[1]) Burmeister, Zoonomische Briefe, 1856, I. Bd., p. 26—36.

endlich vielen, sondern nur nach einer beschränkten Zahl von Richtungen in zwei gleiche Hälften theilen, und die Zahl dieser Richtungen hängt ab von der Anzahl der gleichen Abstände ihrer äusseren Oberflächenbestandtheile vom Mittelpunkt." III. Symmetrische Thiere (1. Mollusca, 2. Arthrozoa. 3. Vertebrata.) Nur nach einer einzigen Richtung halbirbar. „Die erste und wichtigste Eigenthümlichkeit derselben besteht darin, dass sie keinen blossen Mittelpunkt haben, wonach die Distanzen der Oberfläche sich bestimmen, sondern statt des Punktes eine Linie, eine sogenannte Axe. Gegen diese Axe stellen sich die Oberflächenpunkte stets paarig weit ab, so dass sie von ihr nach entgegengesetzten Seiten hin in gleichen Entfernungen sich befinden. Beide Hälften der symmetrischen Körper verhalten sich wie die Hälften unseres Leibes, die linke und die rechte."

Diesen Ansichten Burmeisters (1856) schliesst sich im Wesentlichen ein Aufsatz von Gustav Jäger „Ueber Symmetrie und Regularität als Eintheilungs-Principien des Thierreichs" an[1]), worin derselbe die Erscheinungsweisen der „regulären" und „symmetrischen" Thiere näher zu erklären und zu definiren versucht. Jäger adoptirt Burmeisters Eintheilung des Thierreichs in drei grosse Hauptgruppen; die irregulären Thiere (Infusorien, Rhizopoden) nennt er axenlose, die regulären oder radiären (Polypen, Medusen, Echinodermen) einaxige, die symmetrischen oder bilateralen (Weich-, Glieder-, Wirbel-Thiere) zweiaxige Thiere. Diese Hervorhebung der Axen des Thierkörpers, auf welche zuerst Bronn hingewiesen hatte, ist von wesentlicher Bedeutung; doch ist die weitere daran geknüpfte Erörterung und die darauf gegründete Benennungsweise keine glückliche. Jäger unterscheidet drei Paare von Flächen am Thierkörper, entsprechend den drei Dimensionen des Raumes. Die gleichen Flächen bezeichnet er als parallele, die verschiedenen als polare. Demnach ist „ein symmetrischer Körper ein solcher, der zwei Polpaare und ein Parallelenpaar hat. Ein regulärer Körper ist ein solcher, der ein Polpaar und zwei Parallelenpaare hat." Das einaxige, reguläre oder radiäre Thier „hat nur ein unpaares sogenanntes Axen-Organ und alle anderen Organe sind in der Mehrzahl in einer zur Axe senkrechten Ebene." Bei dem zweiaxigen, symmetrischen oder bilateralen Thiere dagegen „sind alle Organe, die in der Axenebene liegen und alle aus einem solchen Organe in der Richtung der Axenebene sich secundär entwickelnden Organe unpaar. Dagegen muss die Zahl aller, nicht in der Axenebene liegenden Organe durch zwei dividirbar sein." Wenngleich manche fundamentale Unterschiede zwischen den radialen und bilateralen Thieren hiermit ganz richtig bezeichnet sind, so ist doch die weitere Erörterung derselben und namentlich ihre embryologische Begründung wenig glücklich, ebenso wenig die Behauptung, dass diese drei Hauptgruppen des Thierreiches in ihrer Grundform den drei Hauptabtheilungen des Pflanzenreiches entsprechen, indem die Cryptogamen

---

1) Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse der Wiener Akademie. 1857. Bd. XXIV, p. 338.

t den axenlosen Irregulärthieren, die Monocotylen mit den einaxigen Re-
lärthieren und die Dicotylen mit den festsitzenden symmetrischen Thieren
d namentlich mit den Brachiopoden zusammenstimmen sollen. Doch ist
dererseits als ein Verdienst Jägers hervorzuheben, dass er, namentlich
n Behauptungen derjenigen Autoren gegenüber, welche alle Echino-
rmen und Polypen als bilateral-symmetrische Thiere betrachtet wissen
ollten, die radial-reguläre Grundform dieser Thiere aufrecht erhält.

Weit umfassender und eingehender als Burmeister und Jäger, und
it weit tieferem Verständniss für die wirklichen maassgebenden Hauptun-
rschiede der Grundformen hat der verdienstvolle Bronn die vorliegen-
den Fragen behandelt, und das Wichtigste darüber schon 15 Jahre früher
(1841) festgestellt. Wie Bronn zu den wenigen Zoologen unserer Zeit ge-
hörte, welche über dem Einzelnen das Ganze nicht vergessen und neben
dem Unterscheidenden auch das Gemeinsame der Naturgestalten zu er-
kennen streben, so war er durch seine umfassenden allgemeinen Kenntnisse
und durch seine denkende und vergleichende Betrachtungsweise der Natur
vorzugsweise zur Lösung der vorliegenden Aufgaben befähigt. Doch ist er
hierbei im Einzelnen, und namentlich in dem Versuche, einfache geometri-
sche Grundformen für die verschiedenen Thiergestalten aufzustellen, nicht
so weit gekommen, als es der richtige Weg, den er einschlug, hätte ver-
muthen lassen sollen. Die Grundzüge von Bronns allgemeinen morpho-
logischen Anschauungen sind schon in seiner trefflichen „Geschichte der
Natur" (1841)[1]) niedergelegt, ausführlich erörtert dagegen in den „morpho-
logischen Studien"[2]) und mit besonderem Scharfsinn bezüglich der Strahl-
thiere weiter ausgeführt in dem zweiten Bande seiner Klassen und Ord-
nungen des Thierreichs (Actinozoen, 1860), insbesondere in den „Rückblicken
auf die neun Strahlthierklassen" (p. 413—423). Bronn adoptirt zwar eben-
falls die übliche Eintheilung der Thierformen in die oben genannten drei
Hauptgruppen, welche er als Amorphozoen, Actinozoen und Hemisphenozoen
bezeichnet, erörtert jedoch die wesentlichen Unterschiede und characteristi-
schen Eigenschaften derselben weit eingehender, als es je von anderer Seite
geschehen ist. Am wenigsten zutreffend erscheint die allgemeine Auffas-
sung der Grundformen der Protozoen, oder der irregulären (axenlosen) Thiere,
von denen er vier Klassen (1. Spongiae, 2. Polycystina, 3. Rhizopoda,
4. Infusoria) unterscheidet, und die er als formlose Thiere, Amorpho-
zoa bezeichnet, ein Ausdruck, der nur in dem Sinne zugelassen werden
kann, dass „deren Form sich auf keinen gemeinsamen Grundausdruck
zurückführen lässt." Vortrefflich dagegen sind Bronns Erörterungen über
die Grundform der Actinozoen oder der regulären (einaxigen) Strahlthiere
(Coelenteraten und Echinodermen) und deren verschiedene Modificationen.

Die Grundform der radialen oder regulären Actinozoen ist nach Bronn,
wie bei der grossen Mehrzahl aller Pflanzenformen, ein Ei oder ein Kegel
(Ooid oder Conoid), als diejenige einfachste geometrische Grundform, welche

[1]) H. Bronn, Geschichte der Natur, I. Bd. 1841, p. 4; II. Bd. 1843, p. 2, 5.
[2]) Heinrich Georg Bronn, Morphologische Studien über die Gestaltungs-
gesetze der Naturkörper. Leipzig. 1858, p. 39—80.

sich von allen anderen unterscheidet durch eine einzige, mit zwei verschiedenen Polen versehene Hauptaxe „während alle möglichen wagerechten (in einer und derselben Ebene liegenden) Axen, die wir uns rechtwinklig zur vorigen liegend vorstellen können, unter sich gleich und gleichpolig sein würden. Denken wir uns in verschiedenen Höhen über einander ganze Wirtel von solchen gleichen und gleichpoligen Queraxen, so werden die oberen Wirtel um so mehr an den Eigenschaften des positiven Poles der ungleichpoligen Hauptaxe theilnehmen, je näher sie ihm sind; und die unteren Wirtel mehr den Eigenschaften des negativen Poles entsprechen." Als wesentlicher Unterschied der Ooid- (oder Conoid-)Formen der Pflanzen von denjenigen der Strahlthiere wird dann hervorgehoben, dass bei den ersteren die Entwickelung der regelmässig um die Hauptaxe gruppirten Theile in Spirallinien, bei den letzteren dagegen in concentrischen Parallelkreisen (oder in Meridianlinien) fortschreitet. Die spiral entwickelte Ooid-Form der Pflanzen, wie sie sich z. B. sehr rein ausgeprägt am Coniferen-Zapfen (Strobilus) zeigt, wird daher als Zapfen-Ei oder Strobiloid-Form bezeichnet, die concentrisch oder radial entwickelte Ooid-Form der Strahlthiere dagegen, wie sie sich z. B. in *Actinia* zeigt, als Strahlen-Ei oder Actinioid-Form. „Die Actinioid-Form der Actinozoen (Coelenteraten und Echinodermen) geht mit vollkommen werdendem Locomotions-Vermögen allmählig in die hemisphenoide über, welche aber keineswegs mit solcher fortschreitenden Vervollkommnung gleichen Schritt hält." Als Hemisphenoid-Form oder Halbkeil bezeichnet Bronn die bilateral-symmetrische Grundform der zweiaxigen Thiere oder der Weich-, Kerb- und Wirbel-Thiere. „Die Grundform dieser drei oberen Thierkreise ist also vorn und hinten verschieden, unten und oben verschieden, rechts und links gleich. Man kann sie wie in den meisten Krystallen, auf drei unter rechtem Winkel sich schneidende Axen beziehen, welche aber nicht, wie dort gewöhnlich, gleichpolig sind, sondern wovon die zwei wichtigsten, die Längen- und die Höhen-Axe, verschiedene und nur die Quer-Axe gleiche Pole besitzen. Sehen wir uns nach einer geometrischen Form um, welche die genannten Eigenschaften in sich vereinigt, so finden wir den passenden Ausdruck dafür etwa in einem der Länge nach halbirten Keile, einem solchen nämlich, der auf wagerechter Grundfläche ruhend, oben rückwärts ansteigt, mithin unten und oben, hinten und vorn verschieden, und nur rechts und links gleichseitig ist." (Morpholog. Stud. p. 70).

Die wichtigsten Erörterungen über diesen Gegenstand, welche wir nun ausser Bronns Arbeiten noch anzuführen haben, welche jedoch nur einen einzelnen Theil desselben behandeln, sind die geistvollen Untersuchungen von Johannes Müller „über den allgemeinen Typus der Echinodermen"[1] und von Fritz Müller „über die angebliche Bilateralsymmetrie der Rippenquallen"[2]. Diese vortrefflichen Arbeiten beziehen sich gerade auf die

---

[1]) Johannes Müller, über den Bau der Echinodermen. Berlin 1854 (Abh. der Berl. Akad.)

[2]) Fritz Müller, Archiv für Naturgesch. XXVII. Jahrg. Bd. I, p. 320.

undformen derjenigen Thiere — einerseits der bilateral-radialen Echino-
rmen, andererseits der symmetrisch-regulären Coelenteraten — welche
er allgemeinen Unterscheidung der radialen und der bilateralen Thiere
grössten Schwierigkeiten entgegensetzen, indem sie von den einen Zoo-
gen zu jenen, von den anderen zu diesen gerechnet werden. So viel
harfsinn aber auch in jenen Arbeiten zu einer präciseren Bestimmung
eser zweifelhaften Mittelformen aufgewendet erscheint, so kann das Re-
ltat derselben doch nicht als befriedigende Lösung der schwierigen Frage
zeichnet werden. Der Grund dieser Erscheinung ist vorzugsweise darin
suchen, dass die Betrachtung von den Flächen des Thierkörpers aus-
gangen ist und auf diese das meiste Gewicht gelegt hat, statt vor Allem
e Axen und deren Pole aufzusuchen, welche die maassgebenden Grund-
ge der Thiergestalt bestimmen und welche die Flächenbeschaffenheit selbst
st bedingen. Auch sind hier so wenig als in den meisten anderen pro-
orphologischen Versuchen die Antimeren gehörig berücksichtigt, deren
Zahl und Verbindung, Gleichheit oder Ungleichheit vor Allem die Grund-
rm constituirt. Fritz Müller kommt daher zu dem irrthümlichen Re-
ultate, dass die Grundform der Ctenophoren zweistrahlig sei. Johannes
Müller stellt als ideale Grundform der Echinodermen eine Kugel auf,
welche eine bestimmte Axe mit zwei verschiedenen Polen und eine be-
stimmte Meridianebene besitzt, durch welche sie in zwei symmetrisch gleiche
Theile zerfällt, sowie fünf Radialfelder, durch welche ihre Oberfläche in
ein Bivium und ein Trivium zerfällt. Eine solche Kugel ist aber in Wahr-
heit keine Kugel, sondern eine halbe zehnseitige amphithecte Pyramide.

Immerhin sind die trefflichen Bemerkungen von Fritz Müller über die
Grundformen der Rippenquallen und von Johannes Müller über die
Grundformen und die Homologieen der Echinodermen sehr zu beachten,
schon allein desshalb, weil sie das nothwendige Ziel einer scharfen stereo-
metrischen Erkenntniss der organischen Formen richtig erkannten und
dasselbe in der festen Bestimmung einer allgemeinen Grundform suchten,
wenn sie es auch nicht erreichten. Es ist dies um so mehr anzuerkennen,
als sich die meisten Morphologen bisher der Erkenntniss dieses Zieles ver-
schlossen, und statt danach zu streben, die organischen Formen mit der
grössten Willkührlichkeit bezeichnet haben.

IV. Die Promorphologie als organische Stereometrie.

Die Forderung, dass die organische Morphologie die allein absolut
sichere Methode der mathematisch-philosophischen Erkenntniss einzu-
schlagen und dass sie insbesondere auch die Betrachtung der orga-
nischen „Form an sich" nach dieser stereometrischen Methode zu be-
ginnen habe, ist schon wiederholt und mit Recht von denkenden
Naturforschern gestellt und von den vorher genannten auch zu erfüllen
versucht worden. Insbesondere hat die neuere Physiologie, seitdem
sie den allein möglichen mechanisch-causalen Weg bei Erforschung

der dynamischen Lebens-Processe eingeschlagen hat, wiederholt die Nothwendigkeit ausgesprochen, dass auch die organische Morphologie bei Untersuchung der statischen Lebens-Substrate, der organischen Formen, denselben Weg verfolgen müsse. Indessen erschien diese Forderung immer eben so leicht ausgesprochen, als schwer zu erfüllen. Der theoretischen Nothwendigkeit schien sich stets die praktische Unmöglichkeit gegenüber zu stellen.

Der Grund dieser Erscheinung liegt nach unserer Ansicht wesentlich darin, dass man meistens nicht nach einer Erkenntniss der stereometrischen Grundform, sondern nach einer absoluten mathematischen Erkenntniss der gesammten äusseren Form des Organismus, nach einer genauen Ausmessung und Berechnung aller Einzelnheiten seiner Oberfläche strebte. Diese ist aber in der That entweder (in den meisten Fällen) ganz unmöglich, oder da, wo sie ausführbar ist, von ganz untergeordnetem Werthe. Die Gründe dafür haben wir bereits oben (p. 26, p. 139) erörtert. Sie liegen theils in der absoluten und unbegrenzten Variabilität der Organismen, theils in ihrem festflüssigen Aggregatzustande. Wollte man dennoch eine sorgfältige stereometrische Ausmessung und Berechnung aller der unendlich verwickelten und vielfältig gekrümmten Flächen, Linien und Winkel versuchen, welche auch die meisten einfacheren, festflüssigen organischen Formen begrenzen, so würde eine derartige geometrische Bestimmung weder von theoretischem Interesse noch von praktischer Bedeutung sein. Auf eine solche absolute mathematische Bestimmung der Oberflächen-Formen können wir daher, namentlich auch angesichts der individuellen Ungleichheit und Variabilität aller Organismen vollständig verzichten.

Anders verhält sich die theoretische Bedeutung und der praktische Werth der stereometrischen Grundform, deren Erkenntniss für den organischen Morphologen dieselbe Wichtigkeit, wie für den anorganischen Krystallographen besitzt. Diese ist wesentlich unabhängig von allen Einzelheiten der Oberflächen-Begrenzung und richtet ihr Augenmerk vor Allen auf die formbestimmenden Axen des Körpers und deren Pole. Die Methode der Krystallographie zeigt uns hier den allein möglichen und richtigen Weg. Kein Krystallograph würde jemals zu der Aufstellung von einigen wenigen geometrischen Grundformen für die mannichfaltigen vielflächigen Krystallkörper der Mineralien gelangt sein, wenn er bei der Betrachtung der Krystallflächen stehen geblieben wäre und sich mit der, wenn auch noch so sorgfältigen Ausmessung derselben begnügt hätte. Zur Entdeckung der einfachen Grundform des Krystalles oder seines „Systems" gelangt vielmehr der Mineralog nur dadurch, dass er die idealen Axen des Krystallkörpers aufsucht, mit Bezug auf welche sämmtliche Theilchen desselben

eine bestimmte Lagerung einnehmen, und dass er die gleiche oder verschiedene Beschaffenheit dieser Axen und ihrer Pole erwägt.

Ganz ebenso muss auch der Morpholog zu Werke gehen, der einfache geometrische Grundformen für die unendliche Mannichfaltigkeit der Thier- und Pflanzengestalten auffinden will, und gerade in dieser vorwiegenden Berücksichtigung der Axen des organischen Naturkörpers und seiner Pole ist das Verdienst der bahnbrechenden Arbeiten von Bronn und der späteren von Jäger zu suchen. Wie die nachfolgenden Untersuchungen beweisen werden, führt eine scharfe Erfassung der Axen und ihrer Pole nicht allein sicher, sondern auch einfach und leicht zu der Entdeckung der einfachen geometrischen Grundform, der Urgestalt oder des Modells, des organisirten Krystalls gewissermaassen, welcher der augenscheinlich ganz unberechenbaren Gestalt der allermeisten Thier-, Protisten- und Pflanzen-Gestalten zu Grunde liegt. Erst wenn diese mathematisch bestimmte Grundform, dieses constante „Krystallsystem“ des organischen Individuums gefunden ist, welches mit einem einzigen Worte alle wesentlichen Grundverhältnisse der Gestalt ausspricht, kann sich daran die wissenschaftliche Darstellung der individuellen Einzelheiten der Form anschliessen. Man misst dann zunächst die Länge der verschiedenen Axen und den Abstand der einzelnen Oberflächentheile von denselben und von ihren Polen, und kann so erforderlichenfalls eine mathematisch genaue Beschreibung des Ganzen entwerfen.

Als eines der wichtigsten Ergebnisse, welche uns diese stereometrische Betrachtungsweise der organischen individuellen Form geliefert hat, ist schon oben hervorgehoben worden, dass die herrschende Ansicht von der fundamentalen morphologischen Differenz der anorganischen und organischen Naturkörper ein unbegründetes Dogma ist (p. 137—139). Wenn in den meisten Handbüchern die Grundformen der mineralischen Krystalle einerseits, die der Thiere und Pflanzen andrerseits als vollkommen und im Grunde verschieden bezeichnet werden, so ist dies ganz irrig. Es giebt Organismen, insbesondere unter den Rhizopoden, welche zwar nicht in der Flächen-Ausbildung, wohl aber in der die Flächenform bestimmenden Axenbildung von regulären Krystallen gar nicht zu unterscheiden sind. Ja es lassen sich sogar unter den Radiolarien viele Thierformen nachweisen, deren ganzes Skelet gewissermassen weiter nichts als ein System von verkörperten Krystallaxen ist, und zwar gehören diese organisirten Krystallformen den verschiedenen Systemen an, welche auch der Mineralog unterscheidet. So finden wir z. B. in *Haliomma hexacanthum* und *Actinomma drymodes* das reguläre Hexaeder des tesseralen Krystallsystems, in *Acanthostaurus hastatus* und *Astromma Aristotelis* das Quadrat-Octaeder des tetragonalen Krystallsystems, in *Tetrapyle octa-*

cantha und *Stephanastrum rhombus* das Rhomben-Octaeder des rhombischen Krystallsystems vollkommen regulär verkörpert. Man braucht bloss die Spitzen der betreffenden Axen durch Linien zu verbinden und durch je zwei benachbarte Linien eine Fläche zu legen, um in der That die entsprechenden Octaeder-Formen zu erhalten.

Wie wir nun in diesen Fällen unmittelbar durch die objective Betrachtung in der organischen Gestalt eine einfache stereometrische Grundform erkennen, welche nicht von derjenigen eines Krystallsystems zu unterscheiden ist, so finden wir auch in den andern concreten Gestalten der organischen Individuen (bloss die amorphen Anaxonien ausgenommen) unmittelbar eine einfache stereometrische Form als ideale Grundform durch die constanten Beziehungen der Axen und ihrer Pole constant ausgesprochen, und wir können demnach in der That die Promorphologie als Stereometrie der Organismen ansehen. Die detaillirte Beschreibung jeder organischen Form muss zunächst diese Grundform aufsuchen, die Maassverhältnisse ihrer Axen bestimmen und an dieses mathematische Skelet der Form die Darstellung der Einzelnheiten überall anfügen.

V. Grundformen aller Individualitäten.

Alle bisherigen Versuche, die organischen Grundformen zu bestimmen, hatten entweder ganz ausschliesslich oder doch vorwiegend die actuellen Bionten als die concreten Repräsentanten der Species im Auge, welche durch morphologische Individuen aller sechs Ordnungen repräsentirt werden können. Wie man aber diese sechs Ordnungen selbst, als subordinirte Kategorieen von Individualitäten meist nicht gehörig unterschieden hat, so hat man auch meistens nicht daran gedacht, die Grundform der subordinirten Individualitäten zu bestimmen, welche als constituirende Bestandtheile von Form-Individuen höherer Ordnung auftreten. Und doch ist diese stereometrische Bestimmung der einzelnen Theile für jede scharfe Erkenntniss der organischen Form ebenso unerlässlich wie diejenige des Ganzen. Während man also z. B. bei den „Strahlthieren“ (Echinodermen, Coelenteraten) bestrebt war, die strahlige (reguläre) oder bilaterale (symmetrische) Grundform oder den Uebergang der ersteren in die letztere an der realen Form des ganzen Thieres (des actuellen Bion) zu erkennen, hat man sich nicht um die ideale Grundform der constituirenden Metameren, Antimeren, Organe und Plastiden bekümmert, und doch hat jede dieser Individualitäten so gut ihre constante Grundform, wie das ganze actuelle Bion, welches bei den Echinodermen ein Form-Individuum fünfter Ordnung, eine Person ist. Wir werden also bei

jeder genauen Beschreibung einer organischen Form, die vollständig sein soll, die stereometrische Grundform nicht allein des ganzen Form-Individuums höherer Ordnung, welches das actuelle Bion repräsentirt, sondern auch aller subordinirten Individuen, welche dasselbe constituiren, aufzusuchen und dann erst die Beschreibung der Einzelnheiten der äusseren Form jedes Individuums anzuschliessen haben.

Ebenso werden wir dann nicht allein, wie es bisher geschehen ist, bloss die Grundform des ausgebildeten actuellen Bion, sondern auch diejenige seiner individuellen Entwickelungsstufen aufzusuchen haben. Erst dadurch wird der volle Einblick in die mathematische Gesetzlichkeit der organischen Form-Entwickelung gewonnen. Dieselben Species, welche als actuelle Bionten eine sehr differenzirte und vollkommene Grundform besitzen, zeigen auf ihren früheren Entwickelungs-Zuständen meist eine Reihe von niederen und unvollkommenen Grundformen. Die Erkenntniss dieser auf einander folgenden Stufenleiter von allmählig sich differenzirenden Formen, ist für das Verständniss der Promorphologie nicht minder lehrreich, als für das der Embryologie und der Ontogenie überhaupt. So finden wir z. B., dass die sogenannten „bilateralen" Seeigel, welche als actuelle Bionten die bilaterale Strahlform (Amphipleuren-Form) besitzen, in früherer Zeit die vollkommen reguläre Strahlform (Homostauren-Form) zeigen, während ihre Larven (Ammen) sich durch die sehr wesentlich verschiedene rein bilateral-symmetrische Form (Zygopleuren-Form) auszeichnen. Offenbar ist hier das volle Verständniss der Grundform nur dann möglich, wenn man dieselbe durch alle Entwickelungs-Zustände hindurch verfolgt.

Am leichtesten erkennbar und am deutlichsten ausgesprochen ist die stereometrische Grundform der Organismen allerdings meistens in den Personen, den Form-Individuen fünfter Ordnung, welche bei den meisten Thieren als materielles Substrat für das actuelle Bion dienen und bei den meisten Pflanzen den Stock zusammensetzen. Wir werden daher diese auch in dem dreizehnten Capitel, welches die stereometrischen Grundformen systematisch, gleich den Krystallsystemen, zu ordnen versucht, vorzugsweise berücksichtigen. Doch ist es sehr wichtig, auch alle anderen Individualitäts-Ordnungen promorphologisch zu untersuchen, wie dies im vierzehnten Capitel geschehen wird, und es wird sich dann zeigen, dass die wesentlichen tectologischen Unterschiede, durch welche wir die sechs Ordnungen der morphologischen Individuen von einander trennen, auch in promorphologischer Beziehung begründet sind. Die tectologische Stufenreihe der organischen Vollkommenheit ist übrigens von der promorphologischen Scala wohl zu unterscheiden.

VI. Promorphologische Bedeutung der Antimeren.

Wenn von allen morphologischen Individualitäten vorzugsweise diejenigen fünfter Ordnung, die Personen, und demnächst die Metameren, zur ersten übersichtlichen Erkenntniss der Grundformen geeignet erscheinen, so liegt dies besonders daran, dass bei ihnen in besonderem Maasse die Gesammtform des Ganzen als das nothwendige Resultat der Zusammensetzung aus den integrirenden Bestandtheilen, nämlich den Form-Individuen dritter Ordnung oder den Antimeren erscheint. Indem die Antimeren, als die neben einander liegenden Bestandtheile, welche das Metamer und die Person constituiren, eine bestimmte Mitte, entweder einen Mittelpunkt (Centrostigmen) oder eine Mittellinie (Centraxonien) oder eine Mittelebene (Centrepipeden) gemein haben, in welcher sie sich berühren, bestimmen sie hierdurch und durch ihre Zahl zunächst die Axen, von denen die Grundform des Ganzen abhängig ist. Ferner bestimmen die zusammengehörigen Antimeren, welche neben einander um die gemeinsame Mitte des Metameres oder der Person herumliegen, durch ihre Gleichheit (Congruenz und Symmetrie) oder Ungleichheit (positive und negative Aehnlichkeit, vergl. p. 308), sowie durch ihre eigene stereometrische Grundform, die Beschaffenheit (Gleichheit oder Ungleichheit) der beiden Pole der constanten Axen, welche die Grundformen des Metamers oder der Person bedingen. In dieser Beziehung besitzen also die Antimeren eine ganz hervorragende Bedeutung; ihr vollkommenes Verständniss muss der promorphologischen Erkenntniss des Ganzen vorausgehen.

Nehmen wir z. B. eine vollkommen regelmässige vierstrahlige Meduse her, deren Grundform bei bloss oberflächlicher Betrachtung eine Halbkugel oder ein Kugelsegment zu sein scheint (z. A. *Aurelia, Thaumantias*), so finden wir durch sorgfältige tectologische Untersuchung ihrer Antimeren, dass ihre Grundform (ebenso wie bei den regulären „vierzähligen" Blüthen (z. B. von *Paris, Erica*) eine reguläre vierseitige Pyramide ist. Zunächst wird erstens durch die Nebeneinanderlagerung der vier Antimeren um eine gemeinsame Hauptaxe (Längsaxe) die Centraxonform und zwar die Stauraxonform des Metameres (der ganzen Meduse) bestimmt, sodann zweitens durch die eudipleure Grundform der Antimeren die Heteropolie der Hauptaxe, und somit die einfache Pyramidenform der Meduse, ferner drittens durch die Congruenz der vier Antimeren die Gleichheit der Kreuzaxen und somit die reguläre Pyramidenform des Ganzen (Homostaurie) und endlich viertens durch die Anzahl der Antimeren, durch die homotypische Grundzahl Vier, die Grundform der Meduse als eine vierseitige reguläre Pyramide (Tetractinoten-

Form). Nach dem bisherigen morphologischen Verfahren bedurfte es einer zeilenlangen Beschreibung, um diese allgemeine Grundform (noch dazu meist ganz unvollständig) zu eruiren, während jetzt nach unserer promorphologischen, auf das Antimeren-Verständniss gegründeten Darstellungs-Methode durch das einzige Wort „Tetractinot“ alle wesentlichen formellen Eigenschaften der Meduse, ihre gesammte typische Grundform ausgedrückt ist, an welche sich unmittelbar die detaillirte Darstellung der formellen Einzelnheiten anlehnen kann. Die promorphologische, auf die Tectologie gegründete Erkenntniss der Grundform liefert uns so das mathematisch bestimmte und klare ideale Skelet der organischen Form, welches wir mit dem realen Fleische der concreten Detail-Schilderung zu überkleiden haben.

Jedes andere Beispiel zeigt eben so treffend wie das angeführte den hohen Werth, welchen unsere tectologische und promorphologische Analyse des organischen Individuums für das wahre philosophisch-anatomische Verständniss desselben besitzt. Dieses gründet sich wesentlich auf die Erkenntniss der Zusammensetzung der individuellen Form aus den homotypischen Theilen, welche durch ihre Zahl, Gleichheit, Grundform etc. die Beschaffenheit der maassgebenden Axen des Ganzen und ihrer Pole bedingen. Hieraus ergiebt sich auch, warum alle bisherigen promorphologischen Versuche zu keinem erspriesslichen Resultate gelangen konnten. Da sie die Antimeren selbst entweder gar nicht oder doch nicht genügend berücksichtigten, so konnte auch von der Grundform kein klares Verständniss erreicht werden.

Ganz denselben hohen Werth, welchen die Antimeren als die die Grundform bestimmenden Theile für die morphologischen Individuen vierter und fünfter Ordnung (Metameren und Personen) haben, besitzen die Parameren für die Form-Individuen erster und zweiter Ordnung (Plastiden und Organe). Wir haben oben alle jene Theile von einzelnen Organen oder von einzelnen Plastiden als Parameren oder Nebenstücke bezeichnet (p. 311), welche in analoger Weise um eine gemeinsame Mitte dieser Form-Individuen zweiter und erster Ordnung herum liegen, wie die Antimeren oder Gegenstücke um die Mitte der Metameren und Personen. Dieselbe Grundform, welche die letzteren zeigen, besitzen auch die ersteren, und es ist hier wie dort die Beschaffenheit der homotypischen und homonomen Theile, welche die maassgebenden Axen und deren Pole bestimmt. So wird z. B. die eudipleure Form der meisten pflanzlichen Blätter (Organe) durch die Zahl, Gleichheit und Grundform der beiden constituirenden Parameren, der symmetrisch gleichen, dysdipleuren Blatthälften bedingt. Ebenso wird die octopleure Allostauren-Form (Rhomben-Octaeder), welche die Grundform von *Stephanastrum*, von vielen Pollen-Zellen etc. ist, durch die Zahl, Gleichheit und Grundform der vier constituirenden

Parameren, der vier congruenten Quadranten der vierseitigen Doppelpyramide bestimmt.

Die wesentlichen Momente, welche sowohl bei den Parameren als bei den Antimeren die Axen und Pole, und somit die Grundform der aus ihnen zusammengesetzten höheren Formeinheit bestimmen, sind also: 1) die Zahl der Antimeren (homotype Zahl) oder Parameren (homonome Zahl); 2) die Gleichheit (Congruenz oder Symmetrie) oder Ungleichheit (positive oder negative Aehnlichkeit) der Antimeren oder Parameren; 3) die gegenseitige Lagerung und Verbindung der Antimeren oder Parameren; 4) die stereometrische Grundform der Antimeren oder Parameren selbst. Da mithin die Parameren als die für die Grundform bestimmenden Bestandtheile der Plastiden und der Organe (sowie auch der Antimeren selbst), durchaus dieselbe promorphologische Bedeutung haben, wie die Antimeren, welche die Promorphe der Metameren und Personen bestimmen, so gilt Alles, was wir im folgenden Capitel von den Antimeren anführen, ganz ebenso auch von den Parameren. Wir heben dies ausdrücklich hervor, da wir bei unserer systematisch-promorphologischen Untersuchung immer nur die Antimeren in dieser Beziehung erörtern werden. Die Grundform der Stöcke oder Cormen, als der Form-Individuen sechster und höchster Ordnung, wird ebenso durch die Zahl, Gleichheit, Lagerung und Grundform der Personen oder Sprosse bestimmt, wie die Promorphe der Metameren und Personen durch die entsprechenden Verhältnisse der Antimeren.

VII. Systematische Bedeutung der Grundformen.

Ein Grundfehler aller bisherigen Untersuchungen der zoologischen Grundformen liegt in der falschen Voraussetzung, dass die verschiedenen Grundformen, welche sich aus der realen Form der actuellen thierischen Bionten ableiten lassen, vollkommen einigen wenigen grossen Hauptabtheilungen des Thierreiches entsprechen. So entstand die vielfach angenommene Eintheilung des Thierreiches in die drei Grundformen der irregulären Amorphozoen, der regulären Strahlthiere und der symmetrischen Bilateralthiere. Nun ist aber, wie schon die so verschieden aufgefassten Abtheilungen der bilateralen Echinodermen und der Ctenophoren lehren, diese Voraussetzung eine ganz unberechtigte. Weder alle sogenannten bilateral-symmetrischen Thiere, noch alle radial-regulären besitzen eine gemeinsame stereometrische Grundform. Schon ein Blick auf die verschiedene Höhe ihrer systematischen Entwickelung und die entsprechend verschiedene Ausbildung der Grundform in verschiedenen Lebensaltern genügt, um diesen Irrthum zu widerlegen. Aber selbst wenn man nur die actuellen Bionten be-

rücksichtigt, finden wir hier in einem und demselben Stamme, z. B. bei den Coelenteraten, eine ganze Reihe von verschiedenen Grundformen neben einander vor.

In noch weit höherem Grade wird dies durch die Protisten bewiesen. Unter diesen und insbesondere unter dem gestaltenreichen Stamme der Rhizopoden kommen die verschiedensten Grundformen neben einander, und zwar bei sonst nächstverwandten Thierarten vor, die einer und derselben Familie, oft selbst einer und derselben Gattung angehören. Die vielgestaltige Classe der Radiolarien umfasst mehr verschiedene organische Grundformen, als sonst im ganzen Thierreiche überhaupt vorkommen. Der Name Amorphozoen, mit dem ziemlich häufig die Protozoen, und insbesondere die Rhizopoden und Infusorien bezeichnet werden, konnte in dieser Beziehung nicht unpassender gewählt werden. Nichts ist irriger, als die gebräuchliche Angabe, dass die Grundform der Rhizopoden und der Protozoen überhaupt nicht zu bestimmen, ohne bestimmte Grundlage oder ganz unregelmässig sei. Gerade unter diesen niedersten Protisten begegnen wir reineren und weit leichter auf geometrische Formen zu reducirenden Gestalten, diese sind regelmässiger, fester, von schärferen Linien und einfacheren Flächen begrenzt, als es in den meisten höheren Thierklassen der Fall ist. Wollte man die Protozoen, und die Rhizopoden insbesondere, ihrer Grundform nach bezeichnen, so wäre der Ausdruck Myriomorpha oder Polymorphozoa weit besser als der Name Amorphozoa. Es sind nicht die formlosesten, sondern die formreichsten Körper der gesammten Organismen-Welt.

Wenn man diesen letzteren Umstand gehörig würdigt, gelangt man auch zur Einsicht in eine andere wesentliche Ursache, welche bisher eine selbstständige Entwickelung der Promorphologie verhindert hat. Offenbar liegt diese darin, dass die bisherigen Morphologen viel zu wenig die Organismen der niedrigsten Stufen berücksichtigt und fast ausschliesslich die höher organisirten Formen, einerseits Coelenteraten und Echinodermen, andererseits Mollusken, Würmer, Gliederfüsser und Wirbelthiere in den Kreis der Betrachtung gezogen haben. Hätte man, statt die Rhizopoden, Infusorien und übrigen Protozoen unter dem Collectivbegriff der „formlosen“ Thiere zusammenzufassen, die einzelnen, meist so auffallenden Formen derselben etwas genauer betrachtet, und was gerade hier eben so leicht als lohnend ist, die geometrische Grundform derselben zu abstrahiren versucht, man würde sicher schon längst zu ganz anderen Einblicken in die vielfältigen Grundformen des Thierreiches gelangt sein, als sie durch die ganz schematische Scheidung in axenlose irreguläre, einaxige reguläre und zweiaxige symmetrische Thiere gewährt werden. Schon allein die sehr regelmässigen und scharf umschriebenen Formen der

Acyttarien, insbesondere der Polythalamien, hätten auf diesen Weg hinführen können. Keine Abtheilung des Thier- und Pflanzen-Reiches ist aber in dieser Beziehung instructiver, an Formen reicher und leichter auf ganz bestimmte stereometrische Grundformen reducirbar, als diejenige der Radiolarien. Der eingehenden Beschäftigung mit dieser gestaltenreichsten aller Organismen-Gruppen verdanken wir es hauptsächlich, dass wir zur Unterscheidung der im Folgenden aufgestellten Grundformen geführt wurden. Diese Grundformen sind hier zum grossen Theil in solcher Reinheit verkörpert und mit so mathematischer Strenge ausgeführt, dass ein einziger Blick auf eine naturgetreue Abbildung genügt, um sich von dem unzweifelhaften Character der bestimmten stereometrischen Grundform sofort zu überzeugen. Da die Radiolarienklasse in dieser Beziehung die lehrreichste von allen Organismen-Gruppen, zugleich aber noch sehr wenig in weiteren Kreisen bekannt ist, so erlauben wir uns hier, speciell auf die naturgetreuen Abbildungen zu verweisen, welche von den verschiedensten Radiolarien-Formen durch Ehrenberg, Johannes Müller und uns selbst gegeben worden sind.[1])

VIII. Promorphologie und Orismologie.

Der hohe Werth, welchen wir einer scharfen stereometrischen Bestimmung der organischen Grundformen zuschreiben müssen, und welcher uns bewegt, die Promorphologie als selbstständige coordinirte Wissenschaft der Tectologie an die Seite zu stellen, ist unseres Erachtens vorzüglich in der theoretischen Wichtigkeit der damit verbundenen monistischen Erkenntniss begründet, dass die äusseren Formen der Organismen nicht willkührliche Phantasiegebilde eines anthropomorphen Schöpfers, sondern mechanische Producte einer Summe von wirkenden Ursachen sind, und dass dieselben ebenso mit absoluter Nothwendigkeit aus der tectologischen Zusammensetzung ihrer constituirenden Bestandtheile folgen, wie die anorganische Krystallform aus der atomistischen Zusammensetzung der krystallisirenden Materie und deren Wechselwirkung mit ihrer Umgebung. Insbesondere sind

---

[1]) Ehrenberg, Mikrogeologie. Leipzig 1854. Johannes Müller, Abhandlungen der Berliner Akademie. 1858. E. Haeckel, Monographie der Radiolarien. Berlin 1862. Die Abbildungen von Radiolarien aller Familien, welche ich in dem Atlas von 35 Kupfertafeln gegeben habe, der meine Monographie begleitet, sind mittelst der Camera lucida nach der Natur entworfen und liefern concrete Beispiele für fast alle Grundformen, welche ich im System des folgenden Capitels anführen werde. Ich habe daher dieselben in Klammern (Rad.) citirt.

es die morphologischen Individuen erster Ordnung, die Plastiden, welche sich in dieser Beziehung den Krystallen vollkommen gleich verhalten. Die einzigen Form-Unterschiede, welche sich zwischen den Krystallen und den Plastiden zeigen, sind durch den festflüssigen Aggregatzustand der letzteren und ihre „ererbten“ Eigenschaften bedingt, wie wir im fünften Capitel gezeigt haben. Bei den morphologischen Individuen zweiter und höherer Ordnung ist die Grundform wiederum das nothwendige Resultat ihrer Zusammensetzung aus den subordinirten Individualitäten. Dieses wichtige Gesetz müssen wir als das monistische Grundgesetz der organischen Promorphologie betrachten.

Ausser dieser hohen theoretischen Bedeutung besitzt aber unserer Ansicht nach die Promorphologie noch einen sehr bedeutenden praktischen Werth. Wir finden diesen vorzüglich darin, dass von ihr eine gründliche Reform der descriptiven Morphologie, der systematischen Morphographie ausgehen wird, und dass namentlich die in der letzteren gebräuchliche Orismologie dadurch eine philosophische Läuterung erfahren wird. Jeder Morphologe muss oder könnte bei einigem Nachdenken wissen, in welchem traurigen Zustande sich gegenwärtig die gesammte organische **Orismologie** oder Terminologie (wie sie gewöhnlich mit einer Vox hybrida bezeichnet wird) befindet. Dies gilt vorzüglich von dem allgemeinen Theile derselben, welcher die Gesammtform der organischen Individuen und die Beziehungen ihrer verschiedenen Theile zur Aussenwelt zu bezeichnen hat. Dass hier nicht allein zwischen allen verschiedenen systematischen Gebieten die grösste Discrepanz, sondern auch auf einem und demselben Gebiete die grösste Uneinigkeit zwischen den verschiedenen Autoren herrscht, ist allbekannt; wir brauchen bloss an die Coelenteraten zu erinnern. Diese chaotische Verwirrung erklärt sich aber ganz natürlich aus der mangelhaften Bestimmung der stereometrischen Grundform und der unvollkommenen Unterscheidung der Form-Individuen verschiedener Ordnung, vorzüglich der Antimeren. Sobald man diese scharf unterscheidet und ihre constanten Beziehungen stets im Auge behält, so ergiebt sich leicht eine strenge und allgemein anwendbare Bezeichnung der verschiedenen Körpertheile und Körperregionen.

Ein Hauptfehler der gegenwärtig noch herrschenden Orismologie oder Terminologie auf dem descriptiven Gebiete der Morphologie liegt darin, dass man überall morphologische und physiologische Bezeichnungen bunt durch einander gebraucht, und ohne sich bewusst zu werden, dass **derselbe Begriff einen wesentlich verschiedenen Inhalt und Umfang besitzt, je nachdem man bloss an seine morphologische oder bloss an seine physiologische Bedeutung** denkt. Die meisten Bezeichnungen sind weder das Eine

noch das Andere, sondern ein willkührliches Gemisch von Beiden, und daher entspringt die allgemeine Confusion und die auffallenden Widersprüche, welche gegenwärtig selbst über die wichtigsten und alltäglichen morphologischen Begriffe herrschen. Man denke nur an die „Wasserlungen" der Holothurien! So ist es nicht allein mit den einzelnen Organen, sondern auch mit den Regionen des Körpers und mit den Seiten, welche seine Oberflächen begrenzen.

Nichts hat in dieser Beziehung die klaren promorphologischen Grundverhältnisse mehr verhüllt, als die mangelhafte Unterscheidung der Axen und ihrer Pole und eine willkührlich wechselnde Benennung derselben. Die Ausdrücke Vorn und Hinten, Oben und Unten z. B. werden hier sehr allgemein statt der Bezeichnungen Oral und Aboral, Dorsal und Ventral gebraucht. Ebenso bedient man sich oft der Ausdrücke horizontale und verticale Axe statt longitudinale und dorsoventrale Axe. Die ersteren Bezeichnungen sind aber aus der allgemeinen Morphologie ganz zu verbannen, da sie physiologischen Ursprungs sind und sich wesentlich auf die Bewegungsrichtung des Organismus oder auf die Stellung, welche derselbe zur Erdaxe oder zum Horizont gewöhnlich einnimmt, beziehen. Diese ist eben bei verschiedenen Arten eine ganz verschiedene, und selbst bei einem und demselben Individuum zu verschiedenen Zeiten seines Lebens ganz entgegengesetzt, während die morphologischen Beziehungen der Körpertheile zu einander constant sind, und also allein als Basis der Orismologie dienen können. So z. B. ist dieselbe Axe (Hauptaxe oder Längsaxe), welche beim Menschen, beim Pinguin, bei den Seeigeln und Seesternen, bei den festsitzenden Mollusken und Strahlthieren vertical steht, umgekehrt horizontal bei den meisten frei beweglichen Thieren und den kriechenden Pflanzen. Der erste Pol dieser Axe, der orale oder Mundpol (Peristomium), liegt vorn bei den meisten frei beweglichen, hinten bei den rückwärts kriechenden Thieren, oben bei den meisten festsitzenden Thieren und Pflanzen, unten bei den kriechenden Cephalopoden, Seeigeln, Seesternen etc. Bei den Holothurien, welche zuerst auf der Mundseite mit verticaler Hauptaxe, später auf der Bauchseite mit horizontaler Hauptaxe kriechen, ist die Peristomseite, welche anfangs die untere ist, nachher die vordere, und die Antistomseite, welche zuerst die obere ist, später die hintere. Bei den Cephalopoden ist der Kopf unten und die Hauptaxe vertical, wenn sie kriechen, dagegen der Kopf hinten und die Hauptaxe horizontal, wenn sie schwimmen.

Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, dass es wirklich ganz unmöglich ist, die physiologischen Bezeichnungen Vorn und Hinten, Oben und Unten etc. in der Weise, wie es noch jetzt allgemein in der Morphologie geschieht, beizubehalten, ohne die

vorhandene Confusion noch mehr zu steigern, und dass es vielmehr durchaus nothwendig ist, statt deren die ganz bestimmten, unzweifelhaften und constanten Bezeichnungen einzuführen, welche die generelle Promorphologie von den constanten und bei allen Organismen fest bestimmten Verhältnissen der Axen und ihrer Pole entnimmt. Durch diese rein morphologische, mathematisch-philosophische und auf die generelle Promorphologie gegründete Orismologie wird es allein möglich werden, ein gegenseitiges Verständniss der Naturforscher auf allen Gebietstheilen der organischen Morphologie herbeizuführen, und den grossen Uebelstand aufzuheben, dass gegenwärtig jeder Specialforscher in seinem beschränkten Gebiete ganz beliebig identische Theile bei verschiedenen Organismen mit verschiedenen Ausdrücken, und verschiedene Theile mit identischen Ausdrücken belegt. Jede strenge Orismologie oder Terminologie der Organismen kann sich nur auf die morphologische Erkenntniss der Homologieen, nicht auf die physiologische Erkenntniss der Analogieen gründen, und in dieser Beziehung ist unsere einzig feste Basis für die Bezeichnung der verschiedenen Körperregionen und für eine generelle Topographie der Organismen die Promorphologie.

Dreizehntes Capitel.

System der organischen Grundformen.

„Dich im Unendlichen zu finden,
Musst unterscheiden und dann verbinden."
Goethe.

Erste Klasse der organischen Grundformen.

Axenlose. Anaxonia.

(*Acentra. Organische Formen ohne constante Mitte*).

Realer Typus: Spongilla.

Sämmtliche individuelle Formen der Organismen zerfallen hinsichtlich ihrer stereometrischen Grundform zunächst in zwei grosse Hauptgruppen: Axenlose (Anaxonia) und Axenfeste (Axonia). Die Axenlosen lassen durchaus keine feste bestimmbare Grundform erkennen und sind absolut unregelmässig, während die Axenfesten irgend eine deutliche, bezeichnungsfähige stereometrische Grundform bestimmen lassen. Bei den Axonien ist eine bestimmte ideale Mitte des Körpers vorhanden, eine centrale Raumgrösse, zu welcher die übrigen Körpertheile eine bestimmte Beziehung zeigen. Diese Mitte (Centrum) kann ein Punkt (bei den Homaxonien und Polyaxonien) oder eine Linie (bei den Protaxonien mit Ausnahme der allopolen Heterostauren), oder eine Ebene (bei den allopolen Heterostauren) sein. Bei den Anaxonien fehlt eine solche Mitte vollständig. Man kann daher die Axonien oder Axenfesten auch als Centromorpha bezeichnen, als Gestalten mit einer bestimmten Mitte, und die Anaxonien als Acentra, als Gestalten, bei denen eine solche Mitte nicht bestimmbar ist. Dieser fundamentale Unterschied der beiden obersten und allgemeinsten Hauptgruppen von Formen der organisirten Materie

ist derselbe, der auch die beiden zunächst unterscheidbaren und wichtigsten Hauptabtheilungen von Formen der nicht organisirten Materie characterisirt; auch diese letztere erscheint entweder amorph oder in einer bestimmten Form, die je nach dem Aggregatzustande verschieden ist. Das tropfbar flüssige Abion oder Anorgan nimmt im vollkommenen Gleichgewichtszustande die Form des kugeligen Tropfens, der Kugel an; geht dasselbe aber durch Krystallisation aus dem tropfbaren in den festen Aggregatzustand über, so nimmt es die regelmässige, stereometrisch bestimmbare Gestalt des Krystalls an. Es entsprechen mithin die Axonien oder Centromorphen der organischen Körperwelt den Kugeln, Sphaeroidalformen, Krystalloiden und Krystallen der anorganischen Körperwelt, wie die Anaxonien oder Acentren der ersteren den Amorphen der letzteren vergleichbar sind. Man hat daher auch wohl die anaxonien Organismen, welche auf den niedersten Organisationsstufen sehr verbreitet sind, insbesondere bei den Protisten (Protozoen) als „Gestaltlose" oder Amorphozoa bezeichnet. Doch ist dieser an sich richtige Name desshalb schlecht verwendbar, weil man darunter in der Regel nicht allein wirklich formlose Organismen, wie die Amoeben und Halisarcen, sondern auch eine Menge bestimmt geformter Species begriffen hat. Gewöhnlich wird der Begriff Amorphozoa als gleichbedeutend mit Protozoa gebraucht und umfasst als solcher die Spongien, Rhizopoden, Infusorien und Protoplasten. Und doch enthalten gerade diese Thierklassen eine grössere Anzahl und Mannichfaltigkeit von geometrisch bestimmbaren Grundformen, als alle übrigen Abtheilungen des Thierreichs zusammen genommen. (Vergl. p. 395).

Die organischen Grundformen, welche wir als wirklich echte Anaxonien oder Acentren im eigentlichen Sinne des Wortes bezeichnen müssen, sind im Ganzen viel seltener, als man gewöhnlich annimmt. Die Personen, Metameren und Antimeren, also die Form-Individuen fünfter, vierter und dritter Ordnung sind selten oder eigentlich niemals wirklich acentrisch oder anaxon, da schon durch ihre tectologische Qualität bestimmte Axen in ihnen ausgesprochen sind. Häufig sind dagegen vollkommen anaxonie Formen bei den Form-Individuen erster und zweiter Ordnung, den Plastiden und Organen, ferner bei denen sechster Ordnung, den Stöcken (z. B. vielen Corallenstöcken). Meist sind die anaxonien Plastiden und Organe integrirende Bestandtheile von Form-Individuen dritter und höherer Ordnung. Sehr viele Zellen und Cytoden im pflanzlichen und thierischen Parenchym sind ebenso vollkommen acentrisch, wie viele innere Organe der Thiere und äussere Organe der Pflanzen. Viel seltener sind dagegen wirklich anaxonie Formen als materielles Substrat von actuellen Bionten zu finden, so bei den erwähnten Stöcken, ausserdem

fast nur im Protistenreiche, bei denjenigen Stämmen der Organismenwelt, die auch in anderer Beziehung auf der tiefsten Stufe der Organisation stehen. Vor Allem sind hier die einfachsten Anfänge des Protistenreiches, *Protogenes* und *Protamoeba* zu nennen, die höchst wichtigen und interessanten Moneren, welche als vollkommen structurlose und homogene, nackte Plasmaklumpen jeder bestimmten Form entbehren, und vermöge der Fähigkeit der Moleküle ihres festflüssigen Eiweisskörpers, nach allen Richtungen hin ihre gegenseitige Lage frei zu ändern, alle möglichen unbestimmbaren Formen zeitweise annehmen können (vergl. p. 133, 134). An diese vollkommen formlosen Moneren schliessen sich unmittelbar die echten Amoeben (mit Kern und contractiler Blase) an, deren stets sich verändernde Körperform ebenfalls absolut unregelmässig ist, ferner einige nah verwandte Protoplasten mit formlosem Panzer *(Cyphidium)*, einige Flagellaten und Myxomyceten und einige beschalte Rhizopoden niedersten Ranges, die Gattung *Squamulina* und *Acervulina* unter den kalkschaligen Polythalamien (wenigstens die typische Art derselben, *A. acinosa*). Die mannichfaltigste Entwickelung der Anaxonform im Grossen findet sich in der Klasse der Spongien, die zum grössten Theile dieser Grundform angehören dürfte.

Will man einen concreten Ausdruck für die acentre oder anaxonie Körperform haben, so mag man sie als Klumpen (Bolus) bezeichnen. Eine Zerlegung derselben in correspondirende Theile, welche eine bestimmte Beziehung auf eine gemeinsame Mitte haben, ist niemals möglich, da ja diese Mitte selbst fehlt, und weder ein Mittelpunkt, noch eine Mittellinie (Axe), noch eine Mittelebene jemals erkennbar ist. Doch lässt sich eine streng geometrische Ausmessung auch dieser amorphen Formen, falls dieselbe erforderlich ist, leicht dadurch herbeiführen, dass man einen willkührlich im Innern des anaxonien Körpers angenommenen Mittelpunkt durch gerade Linien mit allen Punkten der Oberfläche verbindet, welche ungefähr den Ecken von polygonalen Grenzflächen entsprechen. Dadurch zerfällt der ganze Körper in eine Anzahl von irregulären Pyramiden, welche sich geometrisch untersuchen lassen.

Zweite Klasse der organischen Grundformen.

Axenfeste. Axonia.

(*Centromorpha. Stereometrisch bestimmbare organische Formen mit einer constanten Mitte.*)

Alle organischen Formen, welche nicht absolut unregelmässig sind, lassen stets eine feste Mitte, ein Centrum, erkennen, in welchem bestimmte Axen zusammentreffen oder durch welches mindestens

eine bestimmte Axe geht. Wir nennen sie deshalb allgemein Axenfeste (Axonien) oder Mittenfeste (Centromorphen). Sämmtliche Theile des Körpers nehmen gegen diese Mitte und gegen diese Axen eine bestimmte Lage ein, so dass die ganze Gestalt niemals absolut irregulär, sondern stets entweder regulär (einaxig, Jäger), oder symmetrisch (zweiaxig, Jäger) im weitesten Sinne des Wortes ist. Es kann also stets mindestens eine Halbirungs-Ebene durch den Körper gelegt werden, welche denselben in zwei congruente oder symmetrisch gleiche oder doch symmetrisch ähnliche Hälften theilt. Die Mitte, auf welche sich alle Körpertheile beziehen, kann entweder ein Punkt (Stigma), oder eine Linie (Axon), oder eine Fläche (Epiphania) sein; letztere ist gewöhnlich eine Ebene (Epipedum). Nach diesem Verhalten können wir alle Axenformen in drei wesentlich verschiedene Hauptgruppen zusammenstellen: I. Centrostigma; die Mitte ist ein Punkt; alle Axen gehen durch diesen Mittelpunkt (Stigma centrale); dies ist der Fall bei allen Homaxonien und bei allen Polyaxonien. II. Centraxonia; die Mitte ist eine Linie, und zwar gewöhnlich eine gerade Linie; diese Linie ist die Hauptaxe (Axon principalis); alle übrigen Axen müssen durch diese Hauptaxe gehen; dies findet statt bei allen Protaxonien, mit Ausnahme der Zeugiten oder allopolen Heterostauren; es gehören also hierher alle Monaxonien, alle homopolen Stauraxonien und von den heteropolen Stauraxonien alle Homostauren und die autopolen Heterostauren. III. Centrepipeda; die Mitte ist eine Fläche und zwar gewöhnlich eine ebene Fläche oder Ebene. Diese Ebene ist die Medianebene (Superficies sagittalis) und in derselben liegt die Hauptaxe und eine der beiden darauf senkrechten Richtaxen, während die andere zugleich auf der Medianebene senkrecht steht. Es ist dies der Fall bei sämmtlichen Zeugiten oder allopolen Heterostauren, die man desshalb auch Centrepipeda nennen kann; dahin gehören alle amphipleuren und zygopleuren Formen (bilateral-symmetrische im Sinne der meisten Autoren).

Wenn wir diejenigen durch den Körper gelegten Ebenen, die denselben entweder in zwei congruente oder in zwei symmetrisch gleiche oder in zwei symmetrisch ähnliche Hälften zerlegen, Halbirungsebenen nennen, so ist bei den Centrepipeden nur eine einzige Halbirungsebene vorhanden und diese ist identisch mit der Medianebene. Der Körper besteht hier aus zwei symmetrisch gleichen oder zwei symmetrisch ähnlichen, aber niemals aus zwei congruenten Theilstücken. Bei den Centraxonien sind mehrere, mindestens zwei Halbirungsebenen vorhanden, welche aber sämmtlich durch die Hauptaxe gehen müssen, und welche diese Mittellinie gemeinsam haben. Der Körper besteht hier stets entweder aus zwei congruenten Theilstücken oder aus mehr als zwei Theilstücken, von denen mindestens

zwei und zwei congruent sind. Bei den Centrostigmen endlich sind mehrere, mindestens drei Halbirungsebenen vorhanden, welche alle nur einen Punkt, den Mittelpunkt, gemeinsam haben, sonst aber in allen möglichen Richtungen des Raumes liegen können. Der Körper besteht hier stets aus mehreren, mindestens aus vier congruenten oder doch nahezu congruenten, seltener bloss ähnlichen Theilstücken.

Nach diesen fundamentalen und sehr wichtigen Unterschieden in den Beziehungen aller Körpertheile zu einer gemeinsamen Mitte zerfallen also die sämmtlichen Centromorphen oder Axonien in die drei principalen Formengruppen der Centrostigmen, Centraxonien und Centrepipeden (Zeugiten). Wenn wir nun die weiteren Unterschiede der zahlreichen Grundformen, die hierher gehören, richtig erkennen und würdigen wollen, so müssen wir zunächst die Eigenschaften der Axen ihres Körpers und demnächst der Pole dieser Axen näher bestimmen. In dieser Beziehung lassen sich nun sämmtliche Axonien oder Centromorphen in zwei Hauptgruppen vertheilen, in Gleichaxige (Homaxonia) und in Ungleichaxige (Heteraxonia). Bei den ersteren sind alle Axen, die sich durch die Mitte des Körpers legen lassen, absolut gleich, bei den letzteren dagegen ungleich. Die Zahl der gleichen Axen, die durch die Mitte gelegt werden können, ist zugleich bei ersteren unendlich gross, bei letzteren beschränkt. Die Homaxonform kann nur eine einzige sein, die Kugel, während die Heteraxonform äusserst mannichfaltig differenzirt ist. Die Homaxonien und die Heteraxonien, als die beiden ursprünglichsten und allgemeinsten Formarten der organisirten centromorphen Materie, entsprechen zugleich den beiden ursprünglichsten und allgemeinsten Gestaltungsweisen, in welchen der nicht organisirte geformte Stoff im flüssigen und im festen Aggregatzustande auftreten kann, der Kugel und dem Krystall. Die Kugelform, welche das Anorgan im tropfbar flüssigen Aggregatzustande und im vollkommenen Gleichgewicht als Tropfen zeigt, ist dieselbe, welche der homaxonie Organismus insbesondere auf der ersten Formstufe als festflüssige Plastide so oft annimmt. Die Heteraxonform der Organismen lässt sich stets auf gewisse einfache geometrische Grundformen zurückführen, welche den Krystallformen der festen Mineralien entsprechen und zum Theil sogar mit diesen identisch sind.

Erste Unterklasse der Axonien oder Centromorphen.

Gleichaxige. Homaxonia.

Stereometrische Grundform: Kugel.

Realer Typus: Sphaerozoum (oder Volvox).

Die Eigenschaften der Kugel, welche die einzig mögliche Homaxonform und zugleich der einzige absolut reguläre Körper ist, sind

so bekannt, dass dieselben hier nicht erörtert zu werden brauchen. Da alle Punkte der Oberfläche gleich weit vom Mittelpunkte entfernt sind, so ist eine Unterscheidung bestimmter Axen nicht möglich. Die unendlich vielen Axen, welche sich durch den Mittelpunkt der Kugel legen lassen, sind sämmtlich absolut gleich. Die rein geometrische Kugelform ist in der Organismenwelt vielfach verkörpert, vorzüglich in den Form-Individuen erster Ordnung, den Plastiden (sowohl Cytoden als Zellen). Bei sehr vielen Thieren, Protisten und Pflanzen ist diejenige Plastide, welche als virtuelles Bion das ganze physiologische Individuum potentia repräsentirt, das Ei oder die Spore, eine vollkommen reguläre Kugel. Aber auch im entwickelten Organismus behalten viele Zellen, als Individuen erster Ordnung, die geometrische Kugelform bei, so z. B. viele Blut-Zellen, Pollen-Zellen etc. Ferner stellen viele Organe oder Form-Individuen zweiter Ordnung die Kugelform ganz regelmässig dar, so z. B. die Centralkapseln vieler Radiolarien, die Sporangien vieler Cryptogamen etc. Selbst actuelle Bionten vom Formwerth eines Organs behalten bisweilen die reine Kugelform bei, so die Colonieen vieler frei im Wasser schwimmender oder schwebender Organismen, z. B. *Sphaerozoum*, *Volvox*, *Pandorina* etc. Sehr selten nur ist die reine Kugelform in Individuen vierter, fünfter und sechster Ordnung verkörpert. Unter den Radiolarien gehören dahin die meisten Colliden, namentlich die Thalassicolliden *(Thalassicolla, Thalassolampe)* und die Thalassosphaeriden *(Physematium, Thalassosphaera, Thalassoplancta)* (Rad. Taf. I—III), ferner die kugeligen Individuen der meisten Radiolarien-Colonieen, namentlich der Sphaerozoiden *(Collozoum, Sphaerozoum, Rhaphidozoum)*, bei denen überdies oft noch die Colonieen selbst, sowie alle einzelnen Formelemente innerhalb der sphärischen Centralkapsel die Kugelform rein bewahren (Haeckel, Monographie der Radiolarien, Taf. XXXII—XXXV.) Die Sphaerozoiden dürften demgemäss am passendsten als die concreten Repräsentanten der Homaxonform bezeichnet werden.

Zweite Unterklasse der Axonien oder Centromorphen.

Ungleichaxige. Heteraxonia.

Heteraxonien oder ungleichaxige Centromorphen nennen wir alle diejenigen organischen Formen, welche eine endliche Anzahl von bestimmten Axen unterscheiden lassen, die von allen übrigen, durch das Centrum gelegten Axen verschieden sind. Hierher gehören alle diejenigen Gestalten der organisirten Materie, die im Allgemeinen den Krystallformen des nicht organisirten Mineralstoffes vergleichbar und in der That zum Theil von ihnen nicht zu unterscheiden sind. Wie bei den Krystallen geschieht, werden wir der Betrachtung der Ober-

flächen und ihrer Beziehungen nur einen secundären Werth beilegen können und in erster Linie, um die Grundformen der verschiedenen Heteraxonien zu bestimmen, die Axen des Körpers und deren Pole aufsuchen und ihre Gleichheit oder Ungleichheit (Differenzirung) berücksichtigen müssen.

In dieser Beziehung zerfällt nun die ganze Masse der ungleichaxigen Organismen abermals in zwei grosse Lager. Bei den Einen ist eine bestimmte Hauptaxe des Körpers erkennbar, welche von allen Axen bestimmte Verschiedenheiten zeigt; bei den Anderen dagegen sind alle bestimmbaren Axen von gleichem Werthe oder es sind wenigstens mehrere (mindestens drei) Hauptaxen vorhanden, die vor den übrigen, unbedeutenderen Axen sich auszeichnen, unter sich aber nicht verschieden sind. Die letzteren, die Heteraxonien mit zwei oder mehreren Hauptaxen, nennen wir Vielaxige, Polyaxonia, wogegen die ersteren, die Ungleichaxigen mit einer einzigen Hauptaxe, am passendsten als Hauptaxige, Protaxonia, bezeichnet werden. Bei den Polyaxonien ist, wie bei den Homaxonien, die Mitte des Körpers noch ein Punkt, während dieselbe bei den Protaxonien eine Linie, oder (bei den allopolen Heterostauren) eine Ebene ist.

Erste Ordnung der Heteraxonien:

Vielaxige. Polyaxonia.

Stereometrische Grundform: Endosphaerisches Polyeder.

Die allgemeine Grundform der Polyaxonien ist ein endosphärisches Polyeder, d. h. ein Polyeder, dessen Ecken sämmtlich eine einzige Kugelfläche berühren. Das Centrum dieser Kugel ist zugleich der Mittelpunkt des Polyeders, und die Axen des Polyeders erhalten wir dadurch, dass wir alle Ecken desselben mit dem Centrum durch gerade Linien verbinden. Keine einzelne von diesen Axen ist vor den übrigen so ausgezeichnet, dass sie als Hauptaxe bezeichnet werden könnte. Es schliesst sich diese vielaxige Grundform offenbar zunächst an die absolut regelmässige Kugelform an und unter den Radiolarien giebt es eine Anzahl von Bionten, welche eben so gut den Einen wie den Anderen zugerechnet werden könnten. Unter den Plastiden zeigen insbesondere viele Pollen Körner diese Grundform sehr rein. Form-Individuen vierter Ordnung bildet dieselbe sehr häufig in der Radiolarienklasse, und zwar bei actuellen Bionten. Ausserdem scheint die Polyaxon-Gestalt nur sehr selten als Grundform der Organismen aufzutreten.

Wie in der Stereometrie die Polyeder in reguläre und irreguläre eingetheilt werden, so können wir diese Eintheilung auch auf diejenigen

Organismen anwenden, in denen die Polyaxonform realisirt ist. Dabei halten wir für das reguläre Polyeder die geometrische Definition fest, dass sämmtliche dasselbe begrenzende Flächen reguläre und congruente Polygone sind. Bekanntlich beweist die Stereometrie, dass nur fünf Arten von absolut regulären Polyedern möglich sind, nämlich: 1) das Tetraeder; 2) das Octaeder; 3) das Icosaeder; 4) das Hexaeder; 5) das Dodecaeder. Alle übrigen Polyeder sind als irreguläre zu bezeichnen. Die unregelmässigen endosphaerischen Polyeder oder die Polyaxonia arrhythma sind unter den Radiolarien-Bionten und unter den Pollen-Zellen weit zahlreicher verkörpert, als die regelmässigen Polyeder oder die Polyaxonia rhythmica. Doch kommen auch alle Arten der letzteren bisweilen in geometrisch reiner Form realisirt in organischen Individuen vor.

Erste Unterordnung der Polyaxonien:

Irreguläre Vielaxige. Polyaxonia arrhythma.

Stereometrische Grundform: Irreguläres endosphaerisches Polyeder.

Zu den arrhythmen Polyaxonien müssen wir alle diejenigen endosphärischen Polyeder rechnen, deren Grenzflächen theilweis ungleich, nicht sämmtlich reguläre und congruente Polygone sind. Es gehören hierher sehr zahlreiche Pollenkörner, auch einige kugelige Sporen und Eier mit irregulär netzförmiger Oberfläche, ferner von den Radiolarien die meisten Species aus den formenreichen Familien der Ethmosphaeriden, Aulosphaeriden, Cladococciden, Ommatiden, Collosphaeriden, und viele einzelne Formen aus anderen Radiolarien-Familien. Bei allen diesen polyaxonien Radiolarien besteht der geformte Theil des Körpers aus einer weichen kugeligen Centralkapsel und aus einer kugeligen Kieselschale, welche die erstere concentrisch umschliesst und welche sich häufig als ein System von mehreren concentrischen, durch Radialstäbe verbundenen, kugeligen Kieselschalen innerhalb oder ausserhalb der Centralkapsel wiederholt. Da die Kugeln meistentheils ganz regelmässig gebildet, genau concentrisch um den gemeinsamen Mittelpunkt geordnet und durch regelmässige Radialstäbe verbunden sind, so könnte man vielleicht geneigter sein, diese Formen noch den Homaxonien zuzuzählen. Doch sind die Kieselschalen stets von Gitterlöchern durchbrochen, die meistens sehr regelmässig vertheilt und von gleicher oder fast gleicher Grösse sind. Durch die Mittelpunkte dieser Gitterlöcher und das Centrum der Kugel lassen sich Axen legen, die verschieden sind von denjenigen, welche durch das Centrum und durch die Knotenpunkte des Kieselnetzwerks zwischen den Gitterlöchern gelegt werden können. Auch sind sehr häufig diese letzteren Axen in Form radialer Kieselstacheln verkörpert und oft

sehr mächtig entwickelt. Man braucht bloss die Spitzen dieser Kieselradien durch Linien zu verbinden, und durch die benachbarten Linien Flächen zu legen, um ein endosphärisches Polyeder zu erhalten. Ausserdem ist oft schon durch die Form der Gitterlöcher oder durch die Verbindungsweise der sie begrenzenden Zwischenbalken, oft auch durch besondere Sculptur der Gitterschale die Grundform des arrhythmen endosphärischen Polyeders deutlich genug ausgesprochen. Die Zahl und Form seiner Grenzflächen ist so mannichfaltig und verschiedenartig, dass sich im Allgemeinen nichts Bestimmtes darüber sagen lässt.

Die merkwürdigste Formähnlichkeit mit diesen polyaxonien Radiolarien zeigen zahlreiche Pollen-Körner von Phanerogamen, oft in einer so überraschenden Weise, dass man beide gänzlich verschiedene Objecte verwechseln könnte. Insbesondere ist es der Pollen von Malvaceen, welcher kaum von den Kieselschalen gewisser Ethmosphaeriden und Collosphaeriden zu unterscheiden ist. Die Pollenzellen von *Sida abutilon* und *Phlox undulata* besitzen genau dieselbe complicirte Sculptur, wie die Schale von *Ethmosphaera, Heliosphaera* etc.

Die grosse Menge verschiedener, meist durch grosse Zierlichkeit und Schönheit der Architectur ausgezeichneter Formen, welche die arrhythmen polyaxonien Radiolarien aufzuweisen haben, können wir im Allgemeinen in zwei verschiedene Gruppen ordnen. Bei den Einen sind die polygonalen Grenzflächen des endosphärischen Polyeders alle von einerlei Art, d. h. alle von der gleichen Anzahl von Seiten und Winkeln begrenzt; bald sind alle Flächen des Polyeders dreieckig, bald sechseckig u. s. w.; diese können daher Isopolygona heissen. Bei den Anderen sind dagegen die Grenzflächen des Polyeders sämmtlich oder doch theilweis nicht von einerlei Art; die Zahl der Seiten und Winkel ist wenigstens bei einigen polygonalen Grenzflächen verschieden von der der andern. Diese im Allgemeinen unregelmässigeren Formen können als Allopolygona bezeichnet werden.

Erste Gattung der arrhythmen Polyaxonien.

Ungleichvieleckige. Allopolygona.

Stereometrische Grundform: Irreguläres endosphaerisches Polyeder mit ungleichvieleckigen Seiten.

Realer Typus: Rhizosphaera (Taf. II, Fig. 15).

Diejenigen endosphärischen Polyeder, deren Seitenflächen nicht alle ein und dieselbe Anzahl von Seiten und Winkeln haben, und welche wir hier als Allopolygone zusammenfassen, bilden die Grundform der Bionten bei zahlreichen Radiolarien aus verschiedenen Familien. Es gehören dahin die Gattungen *Cyrtidosphaera* und *Arach-*

mosphaera von den Ethmosphaeriden (Rad. Taf. X, Fig. 2, 3, Taf. XI, Fig. 2—4), ein Theil der Cladococciden (Taf. XIII, XIV), *Actinelius* von den Acanthometriden, ferner viele Ommatiden, z. B. *Haliomma capillaceum*, *H. erinaceus* (Taf. XXIII, Fig. 2—4), ferner von den Sponguriden die Gattungen *Rhizosphaera* (Taf. XXV), *Spongodictyum* (Taf. XXVI, Fig. 4—6), dann die Polycyttarien-Gattung *Collosphaera* (Taf. XXXIV) und viele andere subsphärische Radiolarien. Dieselbe Form, oft kaum zu unterscheiden, zeigen viele Zellen des pflanzlichen Pollens. Wo bei diesen Formen die endosphärische Polyeder-Form nicht schon in der Gitterbildung der Schale deutlich ausgesprochen ist, da wird sie sofort klar, sobald man die Spitzen der benachbarten Radialstacheln durch Linien verbindet und durch je zwei benachbarte Linien eine Fläche legt.

Zweite Gattung der arrhythmen Polyaxonien.

Gleichvieleckige. Isopolygona.

Stereometrische Grundform: Irreguläres endosphaerisches Polyeder mit gleichvieleckigen Seiten.

Realer Typus: Ethmosphaera (Taf. II, Fig. 16).

Noch deutlicher und bestimmter, als bei den Allopolygonen, tritt die endosphärische Polyeder-Form bei denjenigen Grundformen auf, die wir Isopolygone nennen, weil die Anzahl der Seiten und Winkel, welche ihre Seitenflächen begrenzen, bei allen Flächen dieselbe ist. Viele von diesen nähern sich schon sehr dem regulären Polyeder, indem die Mehrzahl ihrer Grenzflächen aus ganz ähnlichen oder theilweis selbst congruenten (oder doch fast congruenten) regulären Polygonen gebildet wird, und nur die wenigen Grenzflächen, welche zwischen die congruenten zur Vervollständigung der Kugelform nothwendig eingeschaltet werden müssen, um ein Weniges von jenen verschieden sind. Die Zahl der Seiten und Winkel ist in allen Polygonen stets die gleiche. Je nachdem die Polygone Dreiecke, Vierecke, Sechsecke u. s. w. sind, liesse sich hier eine Anzahl von untergeordneten Grundformen unterscheiden (trigonale, tetragonale, hexagonale Arten der Isopolygone). In höchst ausgezeichneter Weise tritt die Isopolygon-Form in vielen Pollen-Körnern und in den Kieselschalen vieler Radiolarien mit kugeliger Centralkapsel auf. Unter den letzteren ist besonders die zierliche *Aulosphaera* hervorzuheben, die eine besondere, sehr merkwürdige Familie der Radiolarien bildet (Rad. Taf. X, Fig. 4, 5; Taf. XI, Fig. 5). Die kugelige Gitterschale, von 1—2mm Durchmesser, ist hier aus lauter dreieckigen Maschen zusammengesetzt, die grösstentheils congruente gleichseitige Dreiecke

sind; nur einzelne sind ein wenig grösser oder kleiner, als die übrigen. In jedem Knotenpunkt steht ein radialer Stachel. Verbindet man die Spitzen aller Stacheln, die sämmtlich gleich lang sind, durch Linien und legt durch diese Linien Ebenen, so erhält man ein zweites grösseres endosphärisches Polyeder, welches dem inneren kleineren concentrisch ist und dessen Maschen ebenfalls sämmtlich annähernd gleichseitige und congruente Dreiecke sind. Bisweilen scheint sich die Zahl der congruenten Dreiecke auf zwanzig zu beschränken und dann geht die Form in die des regulären Icosaeders über. Bei vielen Radiolarien ist die isopolygone Gitterkugel aus einer grossen Anzahl von Sechsecken zusammengesetzt, die ebenfalls grösstentheils regulär und congruent oder doch wenigstens subregulär sind, so bei *Ethmosphaera, Heliosphaera inermis, H. tenuissima* (Taf. IX, Fig. 1, 2; Taf. XI, Fig. 1), ferner bei vielen Cladococciden (Taf. XIII, XIV), vielen Ommatiden (Taf. XXIV, Fig. 1, 4, 5) etc. Ganz dieselbe ausgezeichnet zierliche und regelmässige Form findet sich bei vielen Pollenzellen, namentlich von Malvaceen. Besonders ist der Pollen von *Phlox undulata* und *Sida abutilon* durch seine merkwürdige Aehnlichkeit mit der Kieselschale von *Ethmosphaera* überraschend. Ferner ist unter den Radiolarien sehr ausgezeichnet die merkwürdige *Diplosphaera gracilis*, deren Kieselskelet aus zwei concentrischen endosphaerischen Polyedern besteht, einem inneren mit subregulären sechseckigen und einem äusseren mit subregulären quadratischen und rechteckigen Grenzflächen (Taf. X, Fig. 1). Doch muss diese, wie viele andere ähnliche arrhythme Polyaxonformen aus verschiedenen Radiolarien-Familien, wegen der zwanzig nach Müller's Gesetz vertheilten radialen Hauptstacheln vielmehr zu den Isostauren (homopolen Stauraxonien) gerechnet werden, welche die Grundform des Quadrat-Octaeders haben.

Zweite Unterordnung der Polyaxonien.

Reguläre Vielaxige. Polyaxonia rhythmica.

Stereometrische Grundform: Reguläres endosphärisches Polyeder.

Viel seltener als die arrhythmen oder irregulären sind die rhythmischen oder regulären Polyaxonien in organischen Individuen zu finden. Sie verdienen aber desshalb ein besonderes Interesse, weil sie nächst der Kugel die regelmässigsten aller Körper sind. Solche vollkommen regelmässige, in geometrischem Sinne reguläre Polyeder, die unter den Mineralformen als Krystalle des regulären oder tesseralen Systems sehr häufig vorkommen, sind uns aus der Organismen-Welt nur bekannt von den Pollen-Körnern vieler Phanerogamen, den Antheridien der Characeen und von den Kieselschalen ein-

liolarien. Unter letzteren finden sie sich ganz scharf und klar gebildet bloss in der Familie der Ommatiden, in einzelnen Arten · Gattungen *Haliomma* und *Actinomma*, ferner bei *Aulosphaera* und der Spicula einiger Sphaerozoiden. Alle fünf Arten von regulären lyedern, welche die Geometrie als die einzig möglichen absolut gulären Polyeder nachweist, sind in gewissen organischen Formen alisirt, nämlich: 1) das Icosaeder; 2) das Dodecaeder; 3) das Oceder; 4) das Hexaeder; 5) das Tetraeder.

Erste Art der rhythmischen Polyaxonien.

Regelmässige Zwanzigflächner. Icosaedra regularia.

Stereometrische Grundform: Reguläres Polyeder mit zwanzig dreieckigen Seiten.

Realer Typus: Aulosphaera icosaedra (Taf. II, Fig. 17).

Das reguläre Icosaeder, dessen Grenzflächen zwanzig gleichseitige und congruente Dreiecke sind, ist von allen regulären Polyedern am seltensten in organischen Formen verkörpert, nämlich, so viel uns bekannt, nur in einem einzigen Radiolar, in *Aulosphaera icosaedra*[1]) und vielleicht auch in einigen Pollenkörnern, deren kugelige Schale von zwanzig kreisrunden Poren durchbohrt ist, welche die Mitte von ebenso vielen gleichseitig dreieckigen Feldern bilden. Die zwanzig Antimeren, welche das reguläre Icosaeder zusammensetzen, sind zwanzig congruente gleichseitig dreieckige Pyramiden, deren Kanten bei *Aulosphaera* in sehr zierlicher Weise durch die feinen radialen Sarcodefäden angedeutet werden, welche von der Oberfläche der kugeligen Centralkapsel nach den Knotenpunkten der Gitterschale gehen und sich in die zwanzig radialen Stacheln hinein fortsetzen. Die Seiten der Basis sind von drei gleichen tangentialen Kieselröhren gebildet. Wir haben *Aulosphaera* bereits vorher unter den Isopolygonen aufgeführt, weil bei den beiden uns genauer bekannten Arten, *A. trigonopa* und *A. elegantissima*, die kugelige Gitterschale gewöhnlich eine weit grössere Anzahl von subregulären congruenten Dreiecken zeigt, als zwanzig. Doch ist es wohl möglich, dass auch diese beiden Arten im Jugendzustande vorübergehend die Icosaeder-Form mit zwanzig Maschen zeigen, welche *A. icosaedra* vielleicht permanent besitzt (vergl. Rad. p. 357, Taf. X, Fig. 4, 5; Taf. XI, Fig. 5, 6).

[1]) Die Form, welche ich hier als *Aulosphaera icosaedra* bezeichne, kann ich leider nicht mit voller Sicherheit als eine selbstständige „gute Art" aufführen, da ich nur ein vollständiges Exemplar derselben beobachtet habe. Abgesehen von der geringen Grösse und den zwanzig Netzmaschen war dieses zierliche Wesen nicht von den gewöhnlichen Exemplaren der *Aulosphaera trigonopa*, die viel zahlreichere Maschen besitzen, verschieden, ist also vielleicht nur ein Jugendzustand derselben.

Zweite Art der rhythmischen Polyaxonien.

Regelmässige Zwölfflächner. Dodecaedra regularia.

Stereometrische Grundform: Reguläres Polyeder mit zwölf fünfeckigen Seiten.

Realer Typus: Pollen von Bucholzia maritima, (Taf. II, Fig. 18).

Das reguläre Dodecaeder oder das Pentagonal-Dodecaeder, dessen Grenzflächen zwölf gleichseitige und congruente Fünfecke sind, findet sich in stereometrisch reiner Form in den Pollenkörnern vieler Phanerogamen verkörpert, so namentlich von *Bucholzia maritima, Rivina brasiliensis, Banisteria versicolor, Fumaria spicata, Polygonum amphibium* etc. Die zwölf fünfeckigen Seitenflächen sind bisweilen vollkommen eben, nur von einem centralen kreisrunden Loche durchbohrt, und dann ist die reine geometrische Form so vollkommen in diesen zierlichen Zellen verkörpert, als man es nur erwarten kann. Die Kanten sind bisweilen durch einen erhöhten Rand ausgezeichnet. Das andere Mal ist die ganze Pollenzelle kugelig und das Pentagonal-Dodecaeder als Grundform nur durch eine sehr zarte und vollkommen regelmässige Linienzeichnung der Kugeloberfläche angedeutet. Bisweilen entsteht dann ein reales Dodecaeder durch Eintrocknen des Pollenkorns. Die idealen zwölf Parameren der dodecaedrischen Plastide sind 12 congruente fünfseitige reguläre Pyramiden, welche man dadurch erhält, dass man die Ecken mit dem gemeinsamen Mittelpunkt durch Linien verbindet. Das Pentagonal-Dodecaeder ist als organische Grundform auch desshalb von Interesse, weil es zugleich eine hemiedrische Form des tesseralen oder regulären Krystallsystems ist.

Dritte Art der rhythmischen Polyaxonien.

Regelmässige Achtflächner. Octaedra regularia.

Stereometrische Grundform: Reguläres Polyeder mit acht dreieckigen Seiten.

Realer Typus: Antheridien von Chara (Taf. II, Fig. 19).

Das reguläre Octaeder, dessen Grenzflächen acht gleichseitige und congruente Dreiecke sind, bildet viel seltener, als das Pentagonal-Dodecaeder, die Grundform organischer Gestalten; auch viel seltener, als die folgende Form, der Würfel, obgleich es mit diesem die gleichen Axen-Verhältnisse theilt. Wir kennen das reguläre Octaeder als stereometrische Grundform nur bei einigen wenigen pflanzlichen Plastiden, bei einzelnen Parenchymzellen, einigen Pollenkörnern, und am deutlichsten bei den Antheridien von *Chara,* obwohl auch hier nicht so rein, als die vorige und die folgende Grundform. Von besonderem Interesse ist aber das reguläre Octaeder desshalb, weil es zugleich die Grundform des regelmässigsten und einfachsten Krystallsystems

ist, des tesseralen oder regulären Systems, in welchem u. A. Kochsalz und Alaun krystallisiren. Sein wesentlicher Charakter wird bestimmt durch drei auf einander senkrechte Axen, welche alle drei gleich und gleichpolig sind, so dass keine von ihnen als Hauptaxe unterschieden werden kann; entsprechend können auch die sechs Pole nicht verschieden sein. Das reguläre Octaeder nähert sich am meisten von allen Lipostauren den Stauraxonien, indem wir bloss eine der drei Axen nach beiden Seiten gleichmässig zu verlängern oder zu verkürzen brauchen, um daraus das Quadrat-Octaeder (die Grundform der octopleuren Isostauren) zu erhalten. Wenn alle drei Axen des regulären Octaeders ungleich lang werden, aber gleichpolig bleiben, geht dasselbe in die Grundform des Rhomben-Octaeders (der octopleuren Allostauren) über.

Von dem regulären Würfel, mit welchem das reguläre Octaeder die gleichen Axenverhältnisse theilt, unterscheidet sich dasselbe als organische Grundform wesentlich dadurch, dass der erstere aus sechs, das letztere dagegen aus acht Antimeren oder Parameren zusammengesetzt ist. Diese acht congruenten Antimeren finden sich an den Antheridien von *Chara* auf die zierlichste Weise in acht gleichseitig dreieckigen platten tafelförmigen Zellen verkörpert, welche ganz gleich den acht Seitenflächen des regelmässigen Octaeders zusammengefügt sind. Ihre gezackten Ränder, welche nach Art einer Knochennaht in einander greifen, bezeichnen die zwölf Kanten des Octaeders. Die dreieckigen Seitenflächen sind so stark hervorgewölbt, dass das ganze Organ eine rothe Kugel bildet. Von dem Umkreis der am stärksten gewölbten Mitte jedes Dreiecks laufen äusserst zierliche Strahlenfurchen nach den drei gezackten Rändern hin. Uebrigens dürfen wir, streng genommen, an den Antheridien von Chara bloss der achtzelligen Schale die reguläre Octaeder-Form vindiciren; das ganze Organ, mit Rücksicht auf seinen Inhalt, ist als Quadrat-Octaeder zu betrachten, da eine Hauptaxe durch die Structur des Inhalts ausgesprochen ist.

Vierte Art der rhythmischen Polyaxonien.

Regelmässige Würfel. Hexaedra regularia.

Stereometrische Grundform. Reguläres Polyeder mit sechs quadratischen Seiten.

Realer Typus: Actinomma drymodes (Taf. II, Fig. 20).

Das reguläre Hexaeder oder der Würfel (Cubus, Tessera), dessen Grenzflächen sechs congruente Quadrate sind, bildet die stereometrische Grundform von vielen freien Plastiden; er erscheint sehr rein z. B. bei vielen Pollen-Zellen *(Basella alba),* aber auch bei zahlreichen

Parenchymzellen (z. B. kubischen Epithelialzellen). Seltener ist der Würfel die Grundform von ganzen actuellen Bionten, welche den Formwerth von Metameren haben, nämlich von mehreren sechsstacheligen Radiolarien aus der Ommatiden-Familie. Als geometrische Grundform von organischen Individuen ist der Würfel in mehrfacher Beziehung von besonderem Interesse, besonders auch desshalb, weil er zugleich die einfachste abgeleitete Form des regulären oder tesseralen Krystallsystems ist. Gleich der Grundform desselben, dem regulären Octaeder, besitzt der Würfel drei auf einander senkrechte Axen, welche alle drei unter sich gleich und gleichpolig sind. Sie verbinden die Mittelpunkte je zweier gegenüber liegender Quadratflächen. Keine dieser drei maassgebenden Axen kann demnach als Hauptaxe (Längsaxe), Sagittalaxe (Dickenaxe) oder Lateralaxe (Breitenaxe) unterschieden werden. Ebenso sind ihre sechs Pole nicht verschieden. Die drei idealen Richtaxen oder Euthynen, welche den Grundcharacter der wichtigsten organischen Formengruppe, der Zeugiten, bestimmen, erscheinen hier zum ersten Male angedeutet, aber noch nicht differenzirt.

Obgleich das reguläre Octaeder und das reguläre Hexaeder in allen Axen-Verhältnissen völlig übereinstimmen, so dass sie beide als Grundform des regulären Krystallsystems betrachtet werden können, müssen wir doch Beide in der organischen Promorphologie mindestens insofern als verschiedene Unterarten einer und derselben rhythmischen Polyaxonien-Art unterscheiden, als das Antimeren-Verhältniss in Beiden ein verschiedenes ist. Die organischen Individuen mit Würfelform erscheinen aus sechs tetractinoten Antimeren (oder Parameren) zusammengesetzt, deren jedes eine reguläre vierseitige Pyramide darstellt. (Bei den cubischen Radiolarien ist die Hauptaxe (Längsaxe) jedes tetractinoten Antimeres durch einen starken radialen Kieselstachel verkörpert.) Dagegen erscheinen die organischen Individuen, welche das reguläre Octaeder als Grundform haben, aus acht triactinoten Antimeren (oder Parameren) zusammengesetzt, deren jedes die Form einer regulären dreiseitigen Pyramide besitzt. Dieser wichtige promorphologische Unterschied ist hinreichend, um alle regulär-polyedrischen organischen Individuen, welche aus sechs tetractinoten Antimeren (oder Parameren) bestehen, als hexaedrische von denjenigen, welche aus acht triactinoten Antimeren (oder Parameren) bestehen, als octaedrischen, zu trennen.

Ausser den rein cubischen Pollenzellen (z. B. von *Basella alba*) und den rein cubischen Epithelialzellen finden wir das reguläre Hexaeder besonders ausgezeichnet verkörpert in mehreren äusserst zierlichen Gitterpanzern von kieselschaligen Radiolarien aus der Ommatiden-Familie. Es gehören hierher zwei Arten der Gattung

Actinomma (A. drymodes, Rad. Taf. XXIV, Fig. 9 und *A. asteracanthion,* Rad. Taf. XXIII, Fig. 5, 6), ferner wahrscheinlich viele Arten der Gattung *Haliomma* (mit Sicherheit jedoch nur *H. hexacanthum* bekannt, J. Müller, Abhandl. Taf. IV, Fig. 5). Bei allen diesen Ommatiden besteht der ganze Körper aus mehreren concentrischen regulären Gitterkugeln, welche durch sechs sehr starke und grosse Radialstacheln verbunden sind, die von der innersten Kugel ausgehen und über die Oberfläche der äussersten mindestens noch um die Länge ihres Radius vorragen. Diese sechs mächtigen, sehr regelmässig gebildeten und am Ende zugespitzten Kieselstacheln, welche unter einander völlig gleich sind, liegen in drei auf einander senkrechten Kugeldurchmessern, welche den drei gleichen Axen des regulären Octaeders oder den drei gleichen Flächenaxen des Würfels entsprechen. Verbindet man die Spitzen der sechs Stacheln durch gerade Linien und legt durch je zwei benachbarte Linien eine Ebene, so sind die acht so entstehenden Ebenen gleichseitige und congruente Dreiecke und der ganze Körper ist ein reguläres Octaeder. Legt man dagegen durch die sechs Stachelspitzen Ebenen, auf denen die Radialstacheln senkrecht stehen, so sind die so entstehenden Ebenen congruente Quadrate und der ganze Körper ist ein Würfel. Durch die feinere Sculptur des Kieselskelets wird diese absolut reguläre Grundform ebenso wenig gestört, als durch die Form der Weichtheile; diese letzteren bestehen nur aus der kugeligen (den Kieselkugeln concentrischen) Centralkapsel, welche unterhalb der äusseren Gitterkugel liegt, und aus der formlosen Schleimhülle der Sarcode, welche die Centralkapsel umgiebt. Mit Rücksicht auf die höchst ausgezeichnete und vollkommen reguläre Grundform dieser merkwürdigen Radiolarien wird man es vielleicht vorziehen, dieselben als besondere Gattung *(Hexaedromma)* von den übrigen Ommatiden abzutrennen.

Fünfte Art der rhythmischen Polyaxonien.

Regelmässige Vierflächner. Tetraedra regularia.

Stereometrische Grundform: Reguläres Polyeder mit vier dreieckigen Seiten.

Realer Typus: Pollen von Corydalis sempervirens.

(Taf. II, Fig. 21, 22).

Das reguläre Tetraeder, dessen Grenzflächen vier gleichseitige und congruente Dreiecke sind, und welches die wichtigste hemiedrische Form des tesseralen Krystallsystems ist, bildet zwar bei keinem uns bekannten Organismus die Grundform eines actuellen Bionten, gleich dem Würfel; dagegen erscheint das Tetraeder sehr häufig und stereometrisch rein als Grundform einfacher Plastiden, besonders wieder bei vielen Pollen-Zellen. Als Beispiel kann der Pollen vieler Arten

von *Corydalis* angeführt werden, namentlich *C. sempervirens*, (Taf. II, Fig. 21). Hier ist jedes einzelne Pollenkorn ein reguläres Tetraeder. Anderemale verbinden sich vier Pollen-Zellen zur geometrischen Tetraeder-Form, z. B. bei *Erica multiflora, Drimys Winteri* etc. Das Tetraeder ist stets aus vier congruenten Antimeren oder Parameren zusammengesetzt, deren jedes eine reguläre dreiseitige Pyramide bildet (Triactinoten-Form). Die Hauptaxe (Längsaxe) jeder Pyramide ist zugleich eine Flächenaxe des Tetraeders. Diese vier Flächenaxen finden sich in höchst merkwürdiger Weise rein verkörpert in den anorganischen Skeletbildungen einiger Protisten, den seltsamen Kiesel-Spicula nämlich, welche als Hülle von schützenden Stacheln die Centralkapseln mehrerer Sphaerozoiden umgeben. Die Grundform des regulären Tetraeders ist hier schon von Johannes Müller in den vierschenkeligen Nadeln mehrerer Sphaerozoen erkannt worden (Abhandl. p. 54, Taf. VIII, Fig. 2, 3). Bei *Rhaphidozoum acuferum* findet sich zwischen den einfachen linearen Nadeln „eine zweite Art der Spicula, eine vierschenkelige Nadel, deren Schenkel unter gleichen Winkeln in einem Punkt zusammentreffen, gleich den Flächenaxen eines einzigen Tetraeders.“ (Rad. Taf. XXXII, Fig. 9—11). Bei *Sphaerozoum punctatum* und *S. ovodimare* „bestehen die Spicula aus einem Mittelbalken, dessen entgegengesetzte Enden in drei divergirende Schenkel auslaufen, welche sowie der Mittelbalken gleich den Flächenaxen eines Tetraeders gestellt sind. Stellt man sich zwei Tetraeder mit einer der Flächen vereinigt vor, so haben sie eine der Flächenaxen gemeinsam, die anderen Flächenaxen frei auslaufend. Genau so sind die Schenkel der Spicula gestellt. Die Spicula gleichen also den Flächenaxen zweier vereinigter Tetraeder.“ (Rad. Taf. XXXIII, Fig. 6, 7.) Man braucht in der That bei diesen Sphaerozoiden bloss die Spitzen der Spicula-Schenkel durch Linien zu verbinden, und durch diese Linien Flächen zu legen, um das regulär Tetraeder zu erhalten. Es sind also hier beim Tetraeder, wie beim Hexaeder von *Actinomma*, nicht die Grenzflächen oder Kanten, sondern die Axen des regulären Polyeder, welche als reguläre zusammengestellte Kieselnadeln die rhythmische Polyaxonform unverkennbar bezeichnen. (Vergl. Taf. II, Fig. 20 und 22).

Zweite Ordnung der Heteraxonien:

Hauptaxige. Protaxonia.

Organische Formen mit einer constanten Hauptaxe.

Der kleinen Gruppe der Polyaxonien steht als andere, ungleich mannichfaltigere und wichtigere Hauptabtheilung der Heteraxonien die grosse gestaltenreiche Gruppe der Protaxonien gegenüber, die sich durch die Differenzirung einer einzigen irgendwie ausgezeichneten

Hauptaxe bestimmt von den Polyaxonien unterscheiden. Sämmtliche Polyaxonien, wie verschieden auch die Zahl und Gestalt der Grenzflächen des Polyeders sein mag, stimmen doch darin überein, dass dies Polyeder ein endosphaerisches ist, dass also sämmtliche Ecken der Grenzflächen stets eine einzige Kugelfläche berühren, und dass das Centrum dieser Kugel die Mitte des Polyeders ist. Es sind daher auch alle Hauptaxen, deren mindestens drei vorhanden sein müssen, von gleicher Länge. Dadurch und durch die Eigenschaft, dass ihre Mitte ein Punkt ist, schliessen sich die Polyaxonien den Homaxonien unmittelbar an. Bei den Protaxonien dagegen kann die Grundform niemals ein endosphaerisches Polyeder, ebenso wenig als eine Kugel sein. Wenn die Grundform der Protaxonien ein reguläres oder irreguläres Polyeder ist, so liegen die Ecken desselhen niemals in einer Kugelfläche; wenn die Grundform von einer gekrümmten Fläche begränzt wird, so ist diese niemals eine ganze Kugel, sondern nur ein Theil einer Kugel (Kugelsegment, Halbkugel), oder ein Sphaeroid (Ellipsoid, Linse), oder ein Ei u. s. w. Bei allen Protaxonien ist die Mitte des Körpers nicht mehr ein Punkt, sondern eine Linie oder (bei den allopolen Heterostauren) eine Ebene. Diese Linie oder Ebene ist gänzlich verschieden von allen anderen Linien oder Ebenen, welche wir durch den Körper legen können; alle Theile des Körpers nehmen gegen diese Mittellinie oder Mittelebene eine bestimmte characteristische Lage ein, und alle Halbirungs-Ebenen des Körpers müssen durch diese mediane Linie oder Ebene hindurchgehen. Bei den Protaxonien mit Mittellinie (Centraxonia) sind mehrere, mindestens zwei Halbirungs-Ebenen des Körpers vorhanden; bei den Protaxonien mit Mittelebene (Centrepipeda oder Heterostaura allopola) ist nur eine einzige Halbirungsebene vorhanden und diese fällt mit der Mittelebene zusammen.

Die Hauptaxe (Axon principalis), welche die Protaxonien als solche characterisirt und von allen bisher betrachteten Grundformen trennt, ist bei den Centraxonien mit der Mittellinie identisch und liegt bei den Centrepipeden in der Mittelebene. Obgleich es schwer ist, die Hauptaxe für alle Protaxonien im Allgemeinen näher zu characterisiren, da sie in den einzelnen Abtheilungen dieser Formenklasse sehr verschiedene Eigenschaften zeigt, so ist es doch in jedem einzelnen Falle immer möglich, und meistens sehr leicht, dieselbe zu bestimmen. Wo überhaupt nur eine einzige Körperaxe bestimmt ausgeprägt ist, wie bei den Monaxien, da ist diese einzige Axe natürlich zugleich die Hauptaxe. Wo der Körper aus mehr als zwei congruenten Antimeren besteht, wie bei allen homopolen Stauraxonien und bei den homostauren Heteropolen, da ist die Hauptaxe stets diejenige Linie, welche allen Antimeren gemeinsam ist und in welcher sie sich

berühren. Wo man durch den Körper drei verschiedene auf einander senkrechte ideale Kreuzaxen legen kann, wie bei den Heterostauren, da ist die Hauptaxe eine von diesen drei Axen, die den drei Dimensionen des Raumes entsprechen. In diesem letzteren Falle ist es stets die Längendimension, welche durch die Hauptaxe bestimmt wird und wir können sie daher auch Längsaxe (Axon longitudinalis) nennen. Meistens ist die Längsaxe länger, als alle anderen Axen, nicht selten aber auch bedeutend kürzer, so dass wir sie nicht allgemein als die längste aller Axen characterisiren dürfen.

Auch die Beschaffenheit ihrer beiden Pole erlaubt keine allgemeine Bestimmung der Hauptaxe. Bei der grossen Mehrzahl aller Protaxonien unter den Thieren ist ein Kopf oder doch ein Kopfende vom Körper abgegliedert und der eine Pol der Hauptaxe liegt dann in diesem Kopfende. Bei der grossen Mehrzahl der übrigen, den kopflosen Protaxonien, ist am einen Ende des Körpers oder doch in dessen Nähe ein Mund vorhanden und dann liegt der eine Pol der Hauptaxe im Munde (bei den Homostauren im Mittelpunkt des Mundes) oder doch in dessen Nähe. Auch bei vielen mundlosen Protaxonien, z. B. den meisten protaxonien Radiolarien, ist doch eine Mündung des Gehäuses vorhanden, welche in mehrfacher Beziehung die Stelle des Mundes vertritt. Diesem Pole entspricht bei den Blüthensprossen der Pflanzen die offene Mündung der Blüthe, und also allgemein bei allen festsitzenden protaxonien Pflanzen-Individuen der freie, nicht angewachsene Theil. Kein anderes Organ geht so constant, als die Mündung durch die ganze Protaxonien-Reihe hindurch und es ist desshalb das Passendste, den ersten Pol der Hauptaxe als Mundpol (Polus peristomius s. polus oralis) und die Körperseite, in der er liegt, als Mundseite (Peristomium, Superficies oralis) zu bezeichnen. Für den entgegengesetzten zweiten Pol der Hauptaxe ist es weniger leicht, eine allgemein passende positive Bezeichnung zu finden. Bei der grossen Mehrzahl der protaxonien Thiere liegt der After in demselben oder doch in dessen Nähe, und man könnte ihn danach Afterpol nennen. Da jedoch bei sehr Vielen der After ganz fehlt, oder weit vom zweiten Axenpol entfernt, oft näher dem Mundpol, liegt, da ferner bei den festsitzenden protaxonien Pflanzen-Individuen das dem Mundpole entgegengesetzte Ende das angewachsene, basale ist (beim Hauptspross die Wurzel), so dürfte der andere Pol der Hauptaxe am zweckmässigsten als Gegenmundpol (Polus antistomius s. polus aboralis) und die Körperseite, in der er liegt, als Gegenmundseite (Antistomium, Superficies aboralis) bezeichnet werden.

Die sehr zahlreichen und verschiedenartigen Grundformen, welche in der umfangreichen Gruppe der Protaxonien vereinigt sind, lassen

sich sämmtlich in zwei grosse Hauptabtheilungen zusammenstellen, in einaxige und kreuzaxige Grundformen, Monaxonien und Stauraxonien. Wenn wir die auf der Hauptaxe senkrechten Ebenen, welche wir durch den Körper aller Protaxonien legen können, als Querebenen (Plana transversalia) und sämmtliche gerade Linien, welche in diesen Ebenen durch die Hauptaxe gelegt werden können, als Queraxen (Axones transversales) bezeichnen, so sind bei den Monaxonien sämmtliche Queraxen, die in einer und derselben Querebene liegen, gleich, während bei den Stauraxonien (entweder in einigen oder in allen Querebenen) ein Theil der Queraxen von den übrigen, die mit ihnen in einer und derselben Ebene liegen, verschieden ist. Von diesen differenzirten Queraxen bezeichnen wir diejenigen, welche characteristisch ausgeprägt sind, und gegen welche die benachbarten ungleichen Queraxen eine bestimmte symmetrische Lage einnehmen, als Kreuzaxen (Stauri). Bei den einaxigen Protaxonien sind sämmtliche Querebenen Kreise, während bei den kreuzaxigen mindestens ein Theil der Querebenen keine Kreise, sondern Vielecke oder Ellipsen oder noch complicirtere Formen sind. Wenn wir diejenigen Ebenen, die sich durch die Hauptaxe legen lassen, allgemein als Meridianebenen (Plana meridiana) bezeichnen, so finden wir bei den Monaxonien alle Meridianebenen gleich, bei den Stauraxonien dagegen einen Theil der Meridianebenen von den übrigen verschieden. Diejenigen Meridianebenen der Stauraxonien, welche durch die Kreuzaxen gehen und diesen entsprechend besonders ausgezeichnet sind, nennen wir Kreuzebenen (Plana staurota).

Bei den Stauraxonien ist der Körper stets aus einer bestimmten Anzahl von Antimeren oder Parameren zusammengesetzt, welche sich in der Hauptaxe berühren, während bei den Monaxonien deren Zahl unendlich ist. Die Zahl der Kreuzaxen bestimmt die Zahl der Antimeren, indem wir als Kreuzaxen sowohl diejenigen Queraxen bezeichnen müssen, welche in den Medianebenen der einzelnen Antimeren, als auch diejenigen, welche in den Grenzebenen je zweier benachbarter Antimeren liegen. [1])

---

[1]) Bei allen Stauraxonien nennen wir diejenige Hälfte einer Kreuzaxe, welche in der Medianebene eines Antimeres liegt, Strahl, Radius; diejenige Hälfte einer Kreuzaxe, welche in der Grenzebene zweier Antimeren liegt, Zwischenstrahl, Interradius. Diejenigen Meridianebenen, in denen 2 Strahlen liegen, und welche mithin zugleich die Meridianebenen zweier Antimeren sind, werden mit Vortheil (z. B. bei der Anatomie der Coelenteraten etc.) als Strahlenebenen (Plana radialia) bezeichnet, diejenigen Meridianebenen dagegen, in welchen zwei Zwischenstrahlen liegen, und welche mithin zugleich die Grenzflächen zweier Antimeren-Paare sind, als Zwischenstrahlenebenen (Plana interradialia). Eine dritte Art der Meridianebenen sind diejenigen, in denen

Erste Unterordnung der Protaxonien.

Einaxige. Monaxonia.

(*Protaxonien ohne Kreuzaxen.*)

Die Unterordnung der einaxigen Protaxonien umfasst nur solche Grundformen, welche bei einer deutlich ausgeprägten graden Längsaxe oder Hauptaxe ohne jede Andeutung einer bestimmten Kreuzaxe sind, bei denen mithin alle Queraxen einer jeden Querebene gleich, und also alle Querebenen Kreise sind. Da nun in solchen Körpern auch sämmtliche Meridianebenen gleich sein müssen, so kann man sie sich aus unendlich vielen congruenten Antimeren zusammengesetzt denken, die alle nur eine grade Grenzlinie, die Hauptaxe, gemein haben. Die Grenzflächen der monaxonien Formen müssen entweder sämmtlich gekrümmte Flächen sein, oder es können nur diejenigen Grenzflächen, welche senkrecht auf der Hauptaxe stehen, und welche also den Querebenen parallel laufen, Ebenen sein. Da wir nur 2 Pole

---

ein Strahl und ein Zwischenstrahl liegt, und welche Halbstrahlenebenen (Plana semiradialia) heissen mögen. Die Kreuzaxen, welche in den Semiradialebenen liegen, sind weder radial, noch interradial, sondern semiradial, indem die eine Hälfte der Kreuzaxe ein Strahl, die andere ein Zwischenstrahl bildet.

Die Zahl der Antimeren muss nun bei den Stauraxonien stets gleich der Zahl der Kreuzaxen oder der Kreuzebenen sein. Es gilt dies Gesetz für alle Stauraxonien, obwohl dasselbe als Resultat aus verschiedenen Factoren folgt, je nachdem die homotypische Grundzahl grade oder ungrade ist. Wenn die Antimeren-Zahl grade ist, (4, 6, 8 und allgemein $= 2n$), wie z. B. bei den Coelenteraten, so wird jede Kreuzaxe entweder von 2 Radien oder von 2 Interradien gebildet und es sind daher stets 2 Arten von Kreuzebenen vorhanden, welche regelmässig mit einander abwechseln, so dass zwischen je 2 radialen eine interradiale liegt. So haben wir z. B. bei den vierzähligen Dicotyledonen-Blüthen und ebenso bei den gewöhnlichen Medusen 2 auf einander senkrechte Radialebenen, welche bei letzteren durch die Mittellinien zweier benachbarter Radialcanäle, und 2 ebenfalls rechtwinkelig gekreuzte Interradialebenen, welche durch die in der Mitte zwischen jenen liegenden Interradiallinien bestimmt werden und welche die ersteren unter Winkeln von 45° kreuzen. Es sind also zusammen 4 Kreuzebenen vorhanden und dem entsprechend auch 4 Antimeren. Wenn dagegen die Antimeren-Zahl ungrade ist (3, 5 und allgemein $= 2n - 1$), z. B. bei den Echinodermen, den fünfzähligen Dicotyledonen-Blüthen, so wird jede Kreuzaxe zur Hälfte von einem Radius, zur Hälfte von einem Interradius gebildet, und es sind daher alle Kreuzebenen von einerlei Art, semiradial; jede einzelne ist halb radial, halb interradial. So fällt also z. B. bei den Echinodermen die Fünfzahl der Kreuzebenen, deren jede zur Hälfte radial, zur Hälfte interradial ist, zusammen mit der Fünfzahl der Antimeren, aus denen der Körper zusammengesetzt ist. Wir werden unten, bei der allgemeinen Betrachtung der Stauraxonien dieses Verhältniss noch näher erörtern.

der Hauptaxe haben, so können auch nur 2 ebene Grenzflächen an den Monaxonien vorkommen. Diese Ebenen, welche Kreise sein müssen, kann man als Grundflächen oder Polebenen bezeichnen (Plana polaria). Die eine polare Grenzfläche ist die orale oder Peristomfläche; die andere die aborale oder Antistomfläche. Die zusammenhängende gekrümmte Grenzfläche der Monaxonform bezeichnen wir allgemein als Mantel (Pallium).

Es sind nun im Allgemeinen in Bezug auf die Flächenbegrenzung der Monaxonien nur 3 Fälle möglich. Es wird nämlich I, die ganze Oberfläche des Monaxons nur von dem Mantel begrenzt; es ist keine ebene Grenzfläche (Polebene) vorhanden. Dies ist der Fall bei den Sphaeroidformen (Ellipsoid, Linse, Doppelkegel, Ei). II. Das Monaxon wird von dem Mantel und einer Polebene begrenzt; diese letztere entspricht stets dem ersten (oralen) Pol der Hauptaxe, ist also die Peristomfläche und wird allgemein als Basis bezeichnet; ihr gegenüber liegt am zweiten (aboralen) Pol der Hauptaxe der Scheitel oder die Spitze (Apex) des Monaxons. Zu dieser Monaxonform gehört das Hemisphäroid, sowie jedes durch eine Querebene geschnittene Sphaeroid (Ellipsoid, Linse), ferner der Kegel und das abgestutzte Ei. III. Das Monaxon wird vom Mantel und von zwei Polebenen begrenzt; von diesen letzteren wird auch hier die am Oralpol gelegene oder die Peristomfläche als Basis, die am Aboralpol gelegene oder die Antistomfläche als abgestutzte Spitze (Apex) oder genauer als Apicalebene bezeichnet. Es gehört hierher vor Allem der Cylinder, dann diejenigen Formen, welche aus den Monaxonformen der zweiten Gruppe durch Abstumpfung entstehen (dadurch, dass durch den Apex eine der Basis parallele Ebene gelegt wird), also der Kegelstumpf (abgestumpfte, abgestutzte oder abgekürzte Kegel), das an beiden Polen abgestumpfte Sphaeroid etc.

Die organisirten Formen, welche zur Monaxonform gerechnet werden müssen, sind im Thier-, Protisten- und Pflanzenreiche weit verbreitet als sphäroide (ellipsoide und linsenförmige), eiförmige, halbkugelige, kegelförmige und doppelkegelförmige, ferner als abgestumpft kegelförmige und cylindrische Gestalten. Doch gehört die grosse Mehrzahl der so gebildeten Formen nicht zu den selbstständigen Bionten, sondern zu morphologischen Individuen niederer Ordnungen, welche einem Bion untergeordnet sind. Bei den höheren Thieren und Pflanzen, deren Bionten den Rang von Personen oder Stöcken haben, sind es vorzugsweise Plastiden (Cytoden und Zellen) und demnächst Organe, welche das Monaxon zur Grundform haben. Niemals sind Antimeren aus der Monaxon-Form gebildet, verhältnissmässig selten nur Metameren und Personen. Dagegen giebt es viele Stöcke (z. B. Bäume und Corallenstöcke, welche sehr deutlich diese Grundform zei-

gen. Als Grundform selbstständiger Bionten erscheint das Monaxon in den letztgenannten Fällen, eben so aber auch bei niederen Form-Individuen in einzelnen Klassen sehr häufig, so namentlich unter den Rhizopoden, insbesondere kalkschaligen Monothalamien und Polythalamien und kieselschaligen Radiolarien (Cyrtiden, Disciden, Ommatiden) und bei vielen niederen Pflanzen (Algen und Pilzen).

Wenn wir bei der Eintheilung der Monaxonien zunächst von dem schon erörterten dreifachen Verhältnisse der Oberflächen-Begrenzung absehen und uns in erster Linie wieder an die Axen und ihre Pole wenden, so tritt uns als das einfachste und naturgemässeste Eintheilungs-Princip die Gleichheit oder Verschiedenheit der beiden Pole der Hauptaxen entgegen. Bei den Gleichpoligen oder Einfachpoligen (Monaxonia haplopola) sind die beiden Pole der Hauptaxe und die ihnen entsprechenden Polflächen gleich, bei den Ungleichpoligen oder Zweifachpoligen (Monaxonia diplopola) verschieden. Zu den ersteren gehören die Sphaeroidformen (Ellipsoid, Linse), der Doppelkegel und der Cylinder, zu den letzteren die Hemisphaeroidformen und überhaupt die abgestutzten Sphaeroidformen, ferner der Kegel und das Ei. Von Wichtigkeit ist für die Betrachtung der Monaxonien diejenige Querebene, welche durch den Halbirungspunkt der Hauptaxe geht, und welche wir allgemein als Aequatorialebene (Planum aequatoriale) bezeichnen; die Queraxen, welche in der Aequatorialebene liegen, heissen Aequatorialaxen. Durch die Aequatorialebene wird der Körper der haplopolen Monaxonien in 2 congruente, derjenige der diplopolen dagegen in 2 ungleiche Stücke zerlegt. Die einfachste stereometrische Grundform der Haplopolen ist der Cylinder, diejenige der Diplopolen der Kegel.

Erste Familie der Monaxonien.

Gleichpolige Einaxige. Haplopola.

Stereometrische Grundformen: Sphaeroid, Doppelkegel, Cylinder.

Die Formengruppe der gleichpoligen Einaxigen, oder der Haplopolen, wie wir sie kurz nennen wollen, deren Körper durch die Aequatorialebene und ebenso durch jede Meridianebene in 2 congruente Hälften getheilt wird, ist nur selten zu der Bildung von morphologischen Individuen höherer, sehr häufig dagegen zur Bildung von Individuen niederer Ordnung (Plastiden und Organen verschiedener Stufen) verwendet. Als untergeordnete Modificationen dieser Grundform können wir 2 Formengruppen unterscheiden, je nachdem die Oberfläche des Körpers bloss von einer gekrümmten Fläche (Mantel) oder zugleich von 2 gleichen Ebenen (Grundflächen) begrenzt wird. Formen mit nur einer Ebene als Grenzfläche können hier nicht vor-

kommen, da hierdurch allein schon die Verschiedenheit der beiden Pole bedingt ist; diese gehören alle zu den Diplopolen. Die Haplopol-Formen ohne ebene Grenzfläche (Anepipeda) werden durch die verschiedenen Arten des Sphaeroids (Ellipsoid, Linse etc.) und durch den basalen Doppelkegel vertreten. Die Homopolformen mit 2 ebenen Grenzflächen (Amphepipeda) werden durch den graden Cylinder und die davon abgeleiteten Formen, den apicalen Doppelkegel u. s. w. repräsentirt.

Erste Unterfamilie der haplopolen Monaxonien:

Gleichpolige Einaxige ohne Grenzebene. Haplopola anepipeda.

Stereometrische Grundform: Sphaeroid.

Realer Typus: Coccodiscus.

Die anepipeden Haplopolen treten in 2 verschiedenen Hauptformen auf, nämlich in der einfacheren Form des basalen geraden Doppelkegels und in der complicirteren Form des Sphaeroids. Unter geradem basalem Doppelkegel verstehen wir diejenige stereometrische Form, welche aus 2 congruenten mit ihrer Basis vereinigten geraden Kegeln zusammengesetzt ist. Jede Meridianebene dieses Körpers ist ein Rhombus. Von der Grundform des basalen geraden Doppelkegels können, wie von der des einfachen geraden Kegels, 3 verschiedene Arten unterschieden werden, je nachdem die Hauptaxe eben so lang, länger oder kürzer, als die Aequatorialaxe ist. Bei den rechtwinkeligen geraden basalen Doppelkegeln ist die Hauptaxe ebenso lang, bei den spitzwinkeligen länger und bei den stumpfwinkeligen kürzer als die Aequatorialaxe. Daher ist beim Diploconus rectus basalis orthogonius jede Meridianebene ein Quadrat, beim oxygonius ein Rhombus mit spitzen, und beim amblygonius ein Rhombus mit stumpfen Apicalwinkeln oder Polarwinkeln.

Die Grundform des geraden basalen Doppelkegels findet sich nur selten in organischen Formen realisirt vor, und tritt selbst bei den Form-Individuen niederster Ordnungen (Plastiden und Organen) nur in wenigen Fällen deutlich erkennbar hervor. Um so häufiger findet sich die andere Hauptform der anepipeden Homopolen, das Sphaeroid, im Organismus verkörpert. Die Sphaeroid-Form gehört zu den einfachsten organischen Grundformen und ist am nächsten der Homaxonform der Kugel verwandt, aus der wir sie dadurch ableiten, dass wir eine einzige Axe der Kugel sich nach beiden Polen hin gleichmässig verlängern oder verkürzen lassen, so dass beide Pole dieser Hauptaxe gleich weit vom Mittelpunkt entfernt bleiben, und dass die Aequatorialebene den ganzen Körper in zwei congruente Hemisphaeroide

theilt. Wenn die Hauptaxe des Sphaeroids länger ist als die Aequatorialaxe, so nennen wir dasselbe Ellipsoid, wenn sie kürzer ist, Linse. Wenn der abgerundete Aequatorialrand der Linse sich zuschärft, so wird dadurch der Uebergang zur Form des basalen graden Doppelkegels bedingt. Die Meridianebene des Sphäroids ist eine Ellipse.

Die Verwendung der Sphaeroidform zur Bildung von morphologischen Individuen erster und zweiter Ordnung, Plastiden und Organen, ist so allgemein verbreitet und mannichfaltig, dass es nicht nöthig ist, besondere Beispiele anzuführen. Auch die virtuellen Bionten höherer Organismen, z. B. die Jugendzustände der Personen, treten häufig als ellipsoide oder linsenförmige Embryonen auf. Selten dagegen ist die reine Sphaeroidform in erwachsenen Individuen (actuellen Bionten) verkörpert, am meisten wiederum bei den Radiolarien, und namentlich unter den Ommatiden, Disciden und Sponguriden; so als Ellipsoid z. B. bei *Haliomma ovatum*, bei *Haliommatidium Mülleri* und *H. fenestratum* (wenn man von den 20 radialen Stacheln absieht), ferner in *Perichlamydium*, *Chilomma Saturnus* (?), *Coccodiscus Darwinii* (Rad. Taf. XXVIII. Fig. 11.)

Zweite Unterfamilie der haplopolen Monaxonien.

Gleichpolige Einaxige mit zwei Grenzebenen. Haplopola amphepipeda.

Stereometrische Grundform: Cylinder.

Realer Typus: Pyrosoma.

Die gleichpoligen Einaxigen mit zwei Grenzebenen sind entweder in der einfachen stereometrischen Grundform des geraden Cylinders oder in complicirteren, durch gleichpolige Modification des Cylinders entstehenden Formen verkörpert.

Der gerade Cylinder der Geometrie, dessen Meridianebene ein Rechteck ist, und dessen Axe (Hauptaxe) senkrecht im Mittelpunkt der beiden congruenten und parallelen kreisrunden Grundflächen steht, ist äusserst häufig in ganz reiner Form im Organismus realisirt, selten allerdings als das materielle Substrat von actuellen Bionten, um so häufiger dagegen von Individuen niederer Kategorieen, welche ein höheres actuelles Bion zusammensetzen, besonders Plastiden und Organen. Unter den Cytoden und Zellen finden wir die reine Cylinderform bei sehr vielen langgestreckten Protisten (Diatomeen), einzelligen Algen und den einzelnen Fadenzellen der Nematophyten; ebenso auch vielfältig im Parenchym höherer Organismen. Unter den Zellfusionen ist die Cylinderform besonders häufig, so bei den Nervenprimitivröhren und Capillarröhren der Thiere, den Spiralgefässen der Pflanzen. Von

den Organen sind es besonders die einfachen, selten die zusammengesetzten Organe (z. B. Tentakeln und Extremitäten), die mehr oder minder rein die Cylinderform zeigen. Auch bei höheren Thieren erscheint bisweilen der gesammte Körper, genauer ausgedrückt, die Hautbedeckung, cylindrisch geformt, so z. B. unter vielen Tunicaten (Salpen und am reinsten in *Doliolum*), in den *Doliolum* ähnlichen Gehäusen der *Phronima* etc. Ferner sind ganze Colonieen bisweilen mehr oder minder cylindrisch, z. B. von einigen Pyrosomen. Sehr allgemein ist der reine Cylinder die Grundform der Metameren, z. B. bei den Stengelgliedern der Phanerogamen und Anthozoen. Unter den Rhizopoden findet sich auch die reine Cylinderform in actuellen Bionten nicht selten verkörpert, z. B. unter den kalkschaligen Polythalamien in vielen Soritiden *(Cyclolina, Orbitulites, Sorites, Amphisorus)*, unter den kieselschaligen Radiolarien in vielen Disciden und Sponguriden z. B. *Trematodiscus, Spongodiscus, Spongocyclia cycloides* etc. (Rad. Taf. XII, Fig. 14, 15; Taf. XXIX, Fig. 1—3). Will man der bequemeren Bezeichnung halber verschiedene Arten von graden Cylindern unterscheiden, so wird man als Maassstab das Längen-Verhältniss der Hauptaxe zur Aequatorialaxe (die hier dem Durchmesser der Grundflächen gleich ist) benutzen müssen und wird im Allgemeinen drei Arten unterscheiden können: 1. Quadratcylinder, deren Hauptaxe der Aequatorialaxe gleich und deren Meridianebene folglich ein Quadrat ist; 2. Verlängerte Cylinder, deren Hauptaxe länger, und 3. Verkürzte Cylinder, deren Hauptaxe kürzer als die Aequatorialaxe ist.

Modificirte gerade Cylinder, an denen die beiden sich polar entsprechenden Hälften in gleicher Weise verändert sind, am häufigsten durch Krümmungen der Mantelfläche, Einschnürungen beiderseits der Aequatorialebene u. s. w. finden sich im Organismus und namentlich unter den Individuen erster Ordnung, den Zellen, noch ungleich häufiger vor, als die geometrisch reinen geraden Cylinder. Es gehören dahin alle unter den anepipeden Haplopolen aufgeführten Formen, sobald man ihre beiden Spitzen (Apicalpole) durch zwei gleiche Querebenen abstumpft, die gleich weit von der Aequatorialebene entfernt sind. Die meisten hierher gehörigen Formen, deren Mannichfaltigkeit unendlich gross ist, dürften der genaueren geometrischen Bestimmung sehr grosse und zum Theil unüberwindliche Schwierigkeiten entgegensetzen. Als eine der einfachsten hierher gehörigen Formen, wollen wir hier nur den geraden apicalen Doppelkegel anführen, welcher sich von dem vorhin erläuterten basalen dadurch unterscheidet, dass die beiden congruenten geraden Kegel nicht mit ihrer Basis, sondern mit ihren Spitzen vereinigt sind; die Axen bei

der Kegel liegen in einer Geraden. In fast geometrisch reine
ist der gerade apicale Doppelkegel in manchen Fischwirbeln
im Kieselmantel von *Diploconus fasces* verkörpert (Rad. Taf. XX,
Wie verschieden auch die Krümmungen der Mantelflächen
„modificirten geraden Cylinder" sich gestalten mögen, so stimm
alle hierher zu zählenden Formen darin mit dem geraden C
überein, dass der Körper durch die Aequatorialebene in zw
gruente Hälften getheilt wird.

Zweite Familie der Monaxonien.

Ungleichpolige Einaxige: Diplopola.

Stereometrische Grundformen: Halbkugel, Kegel, abgestumpfter K

Die Formengruppe der Diplopolen oder der ungleichpolig
axigen, deren einfachste geometrische Grundform der Kegel ist
sich häufiger, als diejenige der Haplopolen, zur Bildung
Form-Individuen (Stöcke und Personen), ausserdem aber au
zugsweise zur Bildung von Form-Individuen niederer Ordnun
stiden und Organen, verwendet. Da die beiden Pole der H
hier stets verschieden sind, so wird der Körper durch die A
rialebene niemals in zwei congruente Hälften getheilt, und es
sich die beiden Polflächen, die bei den Homopolen noch co
waren, zum ersten Male unterscheiden: Der Mundpol ist der
punkt des Peristoms oder der Area oralis, der Gegenmund
Centrum des Antistoms oder der Area aboralis. Die vers
nen Formen der heteropolen Monaxonien lassen sich in drei G
bringen, je nachdem der Körper bloss von der gekrümmten
fläche, oder zugleich noch von einer oder von zwei ebenen
(Grundflächen, Polebenen) begrenzt wird. Die einfachste Gru
der Gestalten ohne ebene Grenzfläche (Anepipeda) ist das E
jenige der Monepipeden (mit einer Polebene) der einfache g
Kegel, diejenige der Amphepipeden endlich (mit zwei
ebenen) der gerade abgestumpfte Kegel.

Erste Unterfamilie der diplopolen Monaxonien.

Ungleichpolige Einaxige ohne Grenzebene. Diplopola anep

Stereometrische Grundform: Ei.

Realer Typus. Ovulina.

Der einfachste regelmässige Körper, welcher nur von ein
zigen gekrümmten Fläche umschlossen ist und eine einzige A
zwei differenten Polen besitzt, ist das Ei. Der Grad der Krü
des Mantels kann ein höchst verschiedener sein; immer aber
selbe dadurch beschränkt, dass jede Querebene des Körpers e

leiben muss; daher müssen auch stets alle Meridian-Ebenen des Eies ongruent sein. Die Individuen niederster Ordnung, die Zellen und Cytoden, stellen so häufig die reine Eiform dar, dass wir von einer peciellen Anführung von Beispielen absehen können. Ebenso sind auch Organe und Colonieen sehr häufig eiförmig. In actuellen Bionen ist die Eiform sehr häufig unter den Rhizopoden verkörpert; in der Klasse der kalkschaligen Acyttarien sind es die artenreichen Gattungen *Oculina, Phialina, Amphorina* unter den Monothalamien, die Gattung *Glandulina* und andere Nodosariden unter den Polythalamien, welche mannichfaltige Eiformen repräsentiren; in der Klasse der kieselschaligen Radiolarien gilt dasselbe von der den letzteren entsprechenden Familie der Cyrtiden, namentlich den Monocyrtiden (*Carpocanium* etc.); im Protoplasten-Stamme wiederholt sie sich in *Difflugia proteiformis*, *D. oblonga* u. A. Sehr wichtig ist die Eiform ferner als die Promorphe sehr vieler Pflanzenstöcke, aller derjenigen nämlich, bei welchen die Zweige eines starken Hauptsprosses so ungleichmässig um denselben herumstehen, dass daraus keine Pyramidenform sich ableiten lässt. Man kann sich die Eiform dadurch entstanden denken, dass auf beiden Seiten einer Kreisebene (Aequatorialebene) unendlich viele Kreisebenen, welche der ersteren concentrisch und parallel, aber von ungleicher Grösse sind, über einander gelegt werden. Die Linie, welche die sämmtlichen Mittelpunkte verbindet, giebt die Hauptaxe, deren beide Pole gleich weit von der Aequatorialebene entfernt sind. Bei der reinen regulären Eiform nimmt der Durchmesser (die Queraxe) der einzelnen parallelen Kreisebenen nach jedem der beiden Pole hin allmählig ab und wird in demselben gleich Null. Die Abnahme des Durchmessers ist aber nach den verschiedenen Polen hin verschieden und wächst in verschiedenem Grade beiderseits einer Querebene, welche der Aequatorialebene parallel auf einer Seite derselben liegt. Die abgeleiteten Eiformen oder die Modificationen der Eiform, welche in den Organismen ebenfalls sehr häufig verkörpert sind, unterscheiden sich von der reinen geometrischen Eiform dadurch, dass die Abnahme des Durchmessers der parallelen Kreisebenen nach jedem Pole hin nicht gleichmässig, sondern ungleichmässig erfolgt. Es können daher hier auf der äusseren Oberfläche des Eies abwechselnde ringförmige Einschnürungen und Wülste auftreten.

Will man verschiedene Arten der Eiform unterscheiden, so wird man als drei Hauptgruppen von Eiern aufstellen können: 1) Sphaeroide Eier, deren Hauptaxe gleich der Aequatorialaxe ist; 2) Verlängerte Eier, deren Hauptaxe länger, und 3) Verkürzte Eier, deren Hauptaxe kürzer, als die Aequatorialaxe ist. Alle drei Eiformen kommen in Plastiden und Organen sehr häufig vor, am häufigsten aber das verlängerte Ei.

Zweite Unterfamilie der diplopolen Monaxonien:

Ungleichpolige Einaxige mit einer Grenzebene. Diplopola monepipeda.

Stereometrische Grundform: Kegel, Halbkugel.

Realer Typus: Conulina.

Eine derjenigen Grundformen, welche am häufigsten zur Bildung von Plastiden und Organen, aber auch von Stöcken verwendet wird, ist diejenige reguläre Diplopolen-Form, deren Oberfläche von einer gekrümmten und von einer ebenen Fläche begrenzt wird. Als einfachste geometrische Form dieser Gruppe kann man entweder den geraden Kegel oder die Halbkugel bezeichnen. Bei beiden ist die Ebene, welche dem Mundpol entspricht, und welche wir daher Area oralis nennen, ein Kreis. Die Meridianebene des geraden Kegels ist das gleichschenkelige Dreieck, diejenige der Halbkugel der Halbkreis.

Der gerade Kegel (Conus) ist als Grundform von Plastiden und Organen äusserst häufig. Auch echte Stöcke zeigen die Kegelform oft mehr oder minder rein, wie dieselbe z. B. in einem sehr grossen Theil der phanerogamen Pflanzenstöcke (sehr rein in vielen Coniferen) nicht zu verkennen ist. Im letzteren Falle ist die Kegelform das materielle Substrat des actuellen Bion, ebenso auch bei vielen Rhizopoden, namentlich bei den Nodosariden (*Conulina* u. m. a.) unter den Polythalamien, bei den Cyrtiden (*Cornutella, Eucecryphalus* u. A.) unter den Radiolarien. Die äussere Körperform, bedingt durch die Bildung des Mantels (der Hautdecke), spiegelt die gerade Kegelform auch da sehr häufig vor (z. B. bei vielen Coelenteraten und Echinodermen), wo durch die innere Zusammensetzung des Körpers (aus einer bestimmten Zahl congruenter Antimeren) die homostaure Stauraxonform (reguläre Pyramide) angezeigt wird.

Alle verschiedenen Formen, die in die Gruppe des geraden Kegels gehören, lassen sich auf eine der drei Arten des geraden Kegels zurückführen, die auch in der Geometrie nach dem Längenverhältniss der Höhe des Kegels zum Durchmesser der Grundfläche bestimmt werden. Diese drei Arten sind: I. der rechtwinkelige gerade Kegel (Conus orthogonius), dessen Axe (Hauptaxe) gleich dem Durchmesser der Grundfläche (Area oralis) ist; II. der spitzwinkelige (Conus oxygonius), dessen Axe länger, und III. der stumpfwinkelige gerade Kegel (Conus amblygonius), dessen Axe kürzer als der Durchmesser der Grundfläche ist.

Die Halbkugel (Hemisphaera) ist weniger häufig als der Kegel in rein geometrischer Form verkörpert. Um so häufiger ist die

Form des Hemisphaeroids, wenn wir darunter einestheils alle Kugelsegmente verstehen, die kleiner oder grösser als eine Halbkugel sind, andererseits alle Formen, welche wir aus dem Sphaeroid (Ellipsoid, Linse) oder aus dem Ei dadurch erhalten, dass wir dasselbe durch eine Querebene (eine der Aequatorialebene parallele Ebene) schneiden. Die äussere Gestalt des Mantels der meisten Hydromedusen und Ctenophoren (abgesehen von der pyramidalen Grundform, die dem ganzen Bion vermöge seiner radialen Zusammensetzung aus Antimeren zukommt) dürfte auf solche höchst mannichfaltige Hemisphaeroid-Bildungen, zum Theil auch auf reine Hemisphären, zurückzuführen sein. Wenn man verschiedene Arten des Hemisphaeroids (den Ausdruck im allgemeinsten Sinne genommen) unterscheiden will, so dürften folgende aufzuführen sein: 1) das hohe Kugelsegment (grösser als die Halbkugel); 2) das flache Kugelsegment (kleiner als die Halbkugel); 3) das Hemiellipsoid (das Ellipsoid halbirt); 4) das abgestumpfte Ellipsoid (das Ellipsoid durch eine der Aequatorialebene parallele Ebene (Querebene) geschnitten); 5) die halbe Linse (Hemiphacoid); 6) die abgestumpfte Linse (die Linse durch eine Querebene geschnitten, welche der Aequatorialebene parallel läuft); 7) das Halbei oder Hemiooid (das Ei durch die Aequatorialebene halbirt); 8) das abgestumpfte Ei (das Ei durch eine Querebene geschnitten, welche der Aequatorialebene parallel läuft).

Dritte Unterfamilie der diplopolen Monaxonien.

Ungleichpolige Einaxige mit zwei Grenzebenen. Diplopola amphepipeda.

Stereometrische Grundform: Kegelstumpf.

Realer Typus: Nodosaria.

Die am höchsten differenzirte Monaxonform wird von denjenigen heteropolen Monaxonien dargestellt, die ausser der gekrümmten Fläche (Mantel) von zwei verschiedenen ebenen Flächen (Grundflächen) umschlossen sind. Die einfachste geometrische Grundform dieser amphepipeden Diplopolen ist der gerade Kegelstumpf oder der abgestumpfte gerade Kegel, also ein gerader Kegel, dessen Spitze durch eine der Grundfläche (Area oralis) parallele Ebene (Area aboralis) abgeschnitten ist. Die Schnittebene oder Antistomfläche ist bei den meisten hierher gehörigen Formen ein kleinerer Kreis, als die ihr parallele Basalebene oder Peristomfläche.

Ausser dem geraden abgestumpften Kegel und den Formen, welche man durch Vertiefung oder Hervorwölbung seiner Mantelfläche davon ableiten kann, sind hierher auch diejenigen doppelt abge-

stumpften Sphaeroidformen zu rechnen, welche man dadurch erhält, dass man die verschiedenen Modificationen des Sphaeroids (Ellipsoid, Phacoid), ebenso auch das Ei gegen beide Pole hin durch zwei Ebenen schneidet (abstumpft), welche ungleichen Abstand von der ihnen parallelen Aequatorialebene haben. Auch diese Formen sind ebenso wie der gerade Kegelstumpf in den Gestalten der Form-Individuen erster, zweiter und sechster Ordnung, bei den Plastiden, Organen und Stöcken (namentlich Anthozoen-Stöcken und Pflanzen-Stöcken) sehr häufig nachzuweisen. Wie bei den letzteren, so bilden sie die Grundform von actuellen Bionten auch einigen Arten von Nodosaria und Difflugia, vielen Flagellaten und anderen Protisten. Eine nähere Betrachtung ihrer unendlich vielen Modificationen hat kein besonderes Interesse.

Zweite Unterordnung der Protaxonien:

Kreuzaxige. Stauraxonia.

Stereometrische Grundformen: Doppelpyramiden oder Pyramiden.

(Protaxonien mit Kreuzaxen.)

Die kreuzaxigen Grundformen oder Stauraxonien, welche die andere Hauptabtheilung der Protaxonien bilden, sind ungleich wichtiger und interessanter als die Monaxonien, schon durch die unendliche Mannichfaltigkeit verschiedener Formen, welche den verschiedenen Differenzirungsmöglichkeiten bestimmter Kreuzaxen ihren Ursprung verdanken. Der Gestalten-Reichthum aller bisher untersuchten Grundformen ist unbedeutend gegenüber den ausserordentlich mannichfaltigen Thier- und Pflanzen-Formen, die der Stauraxonien-Gruppe angehören. Mit der zunehmenden Möglichkeit der Formbeugung in den verschiedensten Richtungen wächst freilich auch die Schwierigkeit der Erkenntniss ihrer Grundform, woraus sich erklärt, dass bisher die geometrische Grundform, welche allen Stauraxonien zu Grunde liegt, nicht erkannt worden ist.

Die Stauraxonien unterscheiden sich von den Monaxonien, wie wir schon oben bei der allgemeinen Characteristik der Protaxonien und ihrer beiden Hauptabtheilungen erörtert haben, vor Allem dadurch, dass neben der Hauptaxe, welche Beiden gemeinsam ist, auch noch andere bestimmt differenzirte Körperaxen hervortreten, welche auf der ersteren senkrecht stehen und welche verschieden sind von den zwischen ihnen in derselben Querebene liegenden indifferenten Axen (Queraxen). Die Zahl dieser differenten Axen, welche wir Kreuzaxen (Stauri) genannt haben, ist stets gleich der Zahl der Parameren oder der Antimeren, die hier ein beschränktes

Maass hat, während sie bei den Monaxonien = ∞ war. Es ist oben auch bereits nachgewiesen worden, warum dieser Satz allgemeine Gültigkeit hat, obwohl die Kreuzaxen und die durch sie gelegten Meridian-Ebenen (Kreuzebenen) von zweierlei oder eigentlich von dreierlei Art sind, je nachdem die Antimerenzahl gerade oder ungerade ist. Bei der grossen Wichtigkeit, welche dieses bisher noch nicht beachtete Verhältniss für das Verständniss der Stauraxonform hat, müssen wir dasselbe ausführlich begründen. Wir halten uns dabei ausschliesslich an die Antimeren, welche als morphologische Individuen dritter Ordnung die Metameren und Personen zusammensetzen. Dasselbe, was von den Antimeren, gilt aber auch von den Parameren, welche eine entsprechende Rolle bei den Form-Individuen zweiter und erster Ordnung (Organen und Plastiden) spielen.

Die Kreuzaxen der Stauraxonien liegen entweder erstens in der Medianebene eines Antimeres (einer halben Radialebene), oder zweitens in der Grenzebene zwischen zwei benachbarten Antimeren (einer halben Interradialebene), oder endlich drittens, halb in einer radialen, halb in einer interradialen Kreuzebene. Um das Verhältniss der Kreuzaxen zu den Antimeren näher zu bestimmen, ist es nöthig, die in sehr verschiedenem Sinn gebrauchten Begriffe des Radius und Interradius festzustellen. (Vergl. Taf. I nebst Erklärung).

Strahl (Radius) nennen wir diejenige Hälfte einer Kreuzaxe, welche in der Medianebene eines Antimeres liegt; Zwischenstrahl (Interradius) dagegen diejenige Hälfte einer Kreuzaxe, welche in der Grenzebene zweier Antimeren liegt. In jedem einzelnen Falle construirt man den Radius des Antimeres einfach dadurch, dass man in der Medianebene des Antimeres (in der Meridianebene, die man durch die Mittellinie des Antimeres und durch die Hauptaxe des Metameres oder der Person gelegt hat) ein Perpendikel auf dem Halbirungspunkte der Hauptaxe errichtet, den Interradius dagegen dadurch, dass man auf demselben Punkte ein Perpendikel in der Grenzebene je zweier Antimeren errichtet. Die Medianebene jedes Antimeres ist daher die Hälfte einer radialen, die Grenzebene zweier Antimeren dagegen die Hälfte einer interradialen Meridianebene.

Es können nun die Kreuzaxen (Stauri) und die durch sie gelegten Meridianebenen, die wir Kreuzebenen (Plana cruciata s. staurota) genannt haben, von dreierlei Art sein: I. die strahlige Kreuzaxe (Staurus radialis) oder die Strahlaxe ist aus zwei diametral gegenüberliegenden Radien gebildet; II. die zwischenstrahlige Kreuzaxe (Staurus interradialis) oder die Zwischenstrahlaxe wird aus zwei diametral gegenüberliegenden Interradien gebildet; III. die halbstrahlige Kreuzaxe (Staurus semiradialis) oder die Halbstrahlaxe ist aus einem Radius und

einem diametral gegenüberliegenden Interradius zusammengesetzt. Diesen drei Formen der Kreuzaxen entsprechend können wir auch die drei Arten von Kreuzebenen (Meridianebenen, die durch die Kreuzaxen gelegt werden können) unterscheiden: 1) die Strahlebene (strahlige oder radiale Kreuzebene), Planum radiale, ist aus den Medianebenen zweier diametral gegenüberliegender Antimeren zusammengesetzt; 2) die Zwischenstrahlebene (zwischenstrahlige oder interradiale Kreuzebene), Planum interradiale, besteht aus den diametral entgegengesetzten Grenzebenen zweier Antimeren-Paare; 3) die Halbstrahlebene (halbstrahlige oder semiradiale Kreuzebene), Planum semiradiale, ist aus der Medianebene eines Antimeres und aus der diametral gegenüberliegenden Grenzebene eines Antimeren-Paares zusammengesetzt. (Vergl. Taf. I nebst Erklärung).

Wenn wir diese wesentlichen Unterschiede der drei Arten von Kreuzaxen und der ihnen entsprechenden drei Arten von Kreuzebenen festhalten und nun die Zahl derselben mit der Zahl der Antimeren vergleichen, so ergiebt sich ohne Weiteres in allen Fällen das allgemeine Gesetz: die Zahl der Antimeren (oder die homotypische Grundzahl) ist gleich der Zahl der Kreuzaxen (oder der Kreuzebenen), gleichviel ob diese Zahl gerade (2n) oder ungerade (2n—1) ist. Wenn die Antimeren-Zahl gerade ist (= 2 n), wie bei den meisten Coelenteraten, so sind die Kreuzaxen von zweierlei Art, und es ist die Hälfte der Kreuzaxen (und Kreuzebenen) radial, die Hälfte interradial, so dass strahlige und zwischenstrahlige alterniren. So sind z. B. bei den Carmariniden (den sechsstrahligen Geryoniden) drei radiale Kreuzebenen vorhanden, in denen die sechs Radialcanäle und die sechs radialen Randbläschen liegen, und drei interradiale Kreuzebenen, in denen die sechs interradialen Randbläschen und Mantelspangen liegen; zusammen also sechs Kreuzebenen, gleich der Antimeren-Zahl. (Taf. I, Fig. 1). Ebenso finden wir bei den hexactinoten Anthozoen drei radiale Kreuzebenen, in denen die sechs primären Fächer der perigastrischen Höhle, und drei interradiale, in denen die sechs primären Septa der Leibeswand liegen, die jene trennen. Wenn die homotypische Grundzahl dagegen ungerade (2n — 1) ist, wie bei den meisten Echinodermen, so sind alle Kreuzebenen von einerlei Art, nämlich semiradial, und es ist die Hälfte jeder Kreuzaxe ein Radius, die Hälfte ein Interradius (Taf. I, Fig. 6). So sind z. B. bei allen Seesternen mit fünf Antimeren fünf Kreuzebenen vorhanden, deren jede zur Hälfte aus der Medianebene eines Armes, zur Hälfte aus der Grenzebene zweier Arme gebildet wird.

Als Zusatz müssen wir diesem wichtigen Gesetze hinzufügen, dass bei einem sehr kleinen Theile der Stauraxonien, und zwar nur bei einem kleinen Theile der Centrepipeden oder der allopolen Hetero-

stauren, namentlich bei einem Theile der Pentamphipleuren (z. B. den irregulären Echinodermen (Spatangiden etc.) eine scheinbare Ausnahme darin besteht, dass, streng genommen, die Zahl der Kreuzebenen doppelt so gross wird, als die Zahl der Antimeren, indem die Radien nicht genau diametral den Interradien gegenüberstehen, sondern einen stumpfen Winkel mit ihnen bilden. Indessen scheint es passender, diese an sich unbedeutende Abweichung dadurch auszudrücken, dass man sagt, es seien die Kreuzebenen in diesem Falle aus zwei unter einem stumpfen Winkel zusammenstossenden Hälften zusammengesetzt, oder sie seien in einem Winkel geknickt. Für die allgemeine Morphologie der Stauraxonien ist diese unbedeutende Ausnahme von keinem Werthe.

Bei der Eintheilung der Stauraxonien in untergeordnete Formengruppen muss die Gleichheit oder Verschiedenheit der Kreuzaxen und ihrer Pole, sowie weiterhin die Zahl der Kreuzaxen, als maassgebende Richtschnur benutzt werden. Wichtiger aber noch als diese Verhältnisse ist die gleiche oder ungleiche Beschaffenheit beider Pole der Hauptaxe und wir können demgemäss bei den Stauraxonien zunächst, wie bei den Monaxonien, zwei coordinirte Hauptgruppen von Formen bilden, homopole mit gleichen, und heteropole mit verschiedenen Polen und Polflächen der Hauptaxe. Bei den homopolen Stauraxonien, welche den haplopolen Monaxonien entsprechen, sind Peristom- und Antistomfläche gleich, bei den heteropolen (entsprechend den diplopolen) ungleich. Bei den ersteren wird der Körper durch die Aequatorialebene (die Querebene, welche senkrecht auf der Hauptaxe durch deren Halbirungspunkt gelegt ist) in zwei congruente Hälften getheilt; bei den heteropolen Stauraxonien dagegen in zwei ungleiche Stücke.

Wenn wir nach dieser Erörterung der allgemeinen characteristischen Eigenschaften der Stauraxonien uns im Gebiete der Stereometrie nach dem einfachsten Körper umsehen, der alle diese Eigenschaften besitzt, so finden wir denselben in der geraden Pyramide und zwar müssen wir als die geometrische Grundform der heteropolen Stauraxonien die einfache gerade Pyramide, als diejenige der homopolen die gerade Doppelpyramide bezeichnen. Wir begegnen also auch hier demselben allgemeinen Formgesetze, wie bei den Monaxonien, dass die weniger differenzirten homopolen und haplolen Formen (Doppelkegel, Sphaeroid) zusammengesetzt erscheinen aus zwei congruenten und mit einer Polebene vereinigten Individuen der entsprechenden heteropolen und diplopolen Form (Kegel, Hemisphaeroid). Die Hauptaxe der Stauraxonien ist identisch mit derjenigen Linie, die in der Stereometrie kurzweg als Axe der geraden Pyramide bezeichnet wird; es ist dies das Perpendikel, welches von der Spitze

der Pyramide auf die Grundfläche gefällt wird und welches in den Mittelpunkt der Grundfläche trifft.

Die Grundfläche der meisten Stauraxonien ist entweder ein reguläres oder ein amphithectes Polygon. Unter regulärem Vieleck verstehen wir, wie in der Geometrie, ein solches, dessen Seiten sämmtlich gleich sind und gleiche Winkel mit einander bilden. Amphithectes[1]) Polygon nennen wir ein Vieleck mit gerader Seitenzahl, welches durch zwei auf einander senkrechte ungleiche Durchmesser, die sich gegenseitig halbiren, in vier congruente Polygone zerlegt wird, und in welchem daher je vier Seiten und ebenso je vier Winkel unter einander gleich sind. Alle Diagonalen des amphithecten Polygons kreuzen sich in dem Mittelpunkte desselben; die an beiden Enden jeder Diagonale gelegenen Seiten sind paarweise gleich und parallel, daher auch die beiden Winkel, deren Scheitel durch die Diagonale verbunden werden, gleich sind. Genau betrachtet sind von den vier congruenten Polygonen, aus denen jedes amphithecte Polygon besteht, nur je zwei gegenüberliegende absolut congruent, dagegen je zwei benachbarte symmetrisch congruent, d. h. sie müssen umgeklappt (Rechts in Links verwandelt) werden, um sich vollständig zu decken. Die beiden ungleichen, sich gegenseitig halbirenden und rechtwinkelig gekreuzten Durchmesser des amphithecten Polygons, welche dasselbe in congruente Polygone zerlegen, bezeichnen wir aus später zu erörternden Gründen als Richtdurchmesser, oder Richtaxen (Euthyni), oder ideale Kreuzaxen desselben. Diese verbinden entweder die Halbirungspunkte zweier Gegenseiten oder als Diagonalen die Scheitel zweier Gegenwinkel. (Vgl. Taf. I, Fig. 2, Fig. 8 nebst Erklärung).

Diejenigen geraden Pyramiden, deren Grundflächen amphithecte Polygone sind, nennen wir amphithecte Pyramiden. Die Betrachtung dieser Pyramiden ist von grosser Wichtigkeit, da diese Grundform weit verbreitet ist. Eine achtseitige amphithecte Pyramide ist z. B. die Grundform der Ctenophoren (Fig. 8), eine sechsseitige die Grundform der Madreporen (Fig. 2). Die Hauptaxe dieser Stauraxonien ist diejenige Linie, die auch in der Stereometrie kurzweg als „Axe der Pyramide" bezeichnet wird, d. h. diejenige Linie, welche die Spitze mit dem Mittelpunkt der Grundfläche verbindet. Die Spitze der Pyramide ist ihr aboraler, die Grundfläche ihr oraler Pol. Die beiden, auf einander senkrechten Meridianebenen, welche sich durch die Hauptaxe

---

[1]) ἀμφίθηκτος, von zwei Seiten her geschärft, zweischneidig. Man könnte das amphithecte Polygon auch bilateral oder symmetrisch im weitesten Sinne des Wortes nennen, wenn nicht diese Begriffe in so verschiedenem Sinne gebraucht würden, dass sie alle Bedeutung verloren haben.

der amphithecten Pyramide und durch die beiden Richtdurchmesser oder idealen Kreuzdurchmesser ihrer Basis legen lassen, nennen wir die Richtebenen (Plana euthyphora) oder idealen Kreuzebenen, im Gegensatze zu den realen Kreuzebenen, die durch die Kanten der Pyramide und durch die Hauptaxe gelegt werden können. Die beiden rechtwinkelig gekreuzten Perpendikel, welche wir auf der Hauptaxe in deren Halbirungspunkten errichten können und welche in den beiden idealen Kreuzebenen der amphithecten Pyramide liegen, sind ihre beiden Richtaxen (Euthyni) oder idealen Kreuzaxen, während die realen Kreuzaxen (oder Kreuzaxen im engeren Sinne) diejenigen im Halbirungspunkte der Hauptaxe auf derselben errichteten Perpendikel sind, die in den realen Kreuzebenen liegen und durch die Kanten der Pyramide gehen. Die drei verschiedenen, auf einander senkrechten Axen, von denen eine (die Hauptaxe) ungleichpolig, jede der beiden anderen (der idealen Kreuzaxen) gleichpolig ist, sind die drei Axen, welche den Character der amphithecten Pyramide bestimmen. Dieselben entsprechen den drei Dimensionen des Raumes, und zwar betrachten wir die Hauptaxe ein für allemal als Längsaxe, ihren Apicalpol als aboralen, ihren Basalpol als oralen Pol, während wir die beiden idealen Kreuzaxen als Dickenaxe (Dorsoventralaxe) und Breitenaxe (Lateralaxe) unterscheiden. Durch die beiden idealen Kreuzebenen wird die amphithecte Pyramide in vier gleiche rechtwinkelige Pyramiden zerlegt, von denen je zwei gegenüberliegende congruent, je zwei benachbarte symmetrisch gleich sind (Vergl. Taf. I, Fig. 2, Fig. 8).

Die reguläre Pyramide, die einem Theile der Stauraxonien zu Grunde liegt, ist, wie die Geometrie erklärt, eine Pyramide, deren Grundfläche ein reguläres Vieleck und deren Seitenflächen sämmtlich gleichschenkelige und congruente Dreiecke sind. Die reguläre Pyramide mit gerader Seitenzahl kann als eine amphithecte Pyramide betrachtet werden, deren beide ideale Kreuzaxen gleich geworden sind, und die folglich durch die beiden idealen Kreuzebenen in vier absolut congruente rechtwinkelige Pyramiden zerlegt wird.

Die vorhergehenden Erörterungen über die wichtigsten Theile der regulären und der amphithecten Pyramide, als der allgemeinen Grundform der Stauraxonien, gelten sowohl von der einfachen Pyramide der heteropolen, als von der doppelten Pyramide der homopolen Stauraxonien; die letztere können wir in allen Fällen betrachten als ein Aggregat von zwei congruenten und mit ihren Grundflächen vereinigten geraden Pyramiden. Sowohl unter den einfachen (heteropolen) als unter den doppelten (homopolen) geraden Pyramiden giebt es reguläre und amphithecte Formen, die ersteren mit gleichen, die letzteren mit ungleichen idealen Kreuzaxen.

Erste Familie der Stauraxonien:

Gleichpolige Kreuzaxige. Homopola.

Stereometrische Grundform: Doppelpyramide.

Die gleichpoligen Kreuzaxigen bilden nur eine kleine Formengruppe gegenüber der grossen Mehrzahl der heteropolen Stauraxonien. Es gehört hierher eine ziemlich grosse Anzahl von Protisten, insbesondere Diatomeen und Radiolarien (viele Acanthometriden, Ommatiden und Disciden), die wegen der geometrisch reinen Ausprägung der Grundform und wegen ihrer Uebereinstimmung mit gewissen Krystallformen von besonderem Interesse sind. Die Grundform ist eine gerade, entweder reguläre oder amphithecte Doppelpyramide, von sehr verschiedener Seitenzahl. Demgemäss ist auch die Zahl der Antimeren sehr verschieden. Wenn diese Zahl Vier ist, so ist die Grundform ein Octaeder. Die Hauptaxe, deren beide Pole und Polarflächen stets gleich sind, ist bald grösser, bald kleiner als die Kreuzaxen.

Die homopolen Stauraxonien zerfallen in zwei Gruppen, Isostaura und Allostaura, je nachdem die beiden idealen Kreuzaxen gleich oder ungleich sind. Die Grundform der Isostauren (mit gleichen idealen Kreuzaxen) ist die reguläre Doppelpyramide, die Grundform der Allostauren dagegen (mit ungleichen idealen Kreuzaxen) die amphithecte Doppelpyramide. Die gemeinsame Grundfläche der beiden vereinigten congruenten Pyramiden, aus denen der Körper der homopolen Stauraxonien zusammengesetzt wird, ist bei den ersteren ein reguläres, bei den letzteren ein amphithectes Polygon.

Wenn wir von den realen Kreuzaxen und der ihnen entsprechenden Antimeren-Zahl der homopolen Stauraxonien absehen und bloss ihre idealen Kreuzaxen ins Auge fassen, so werden wir überrascht durch die Uebereinstimmung ihrer Grundform mit derjenigen von gewissen Krystallen. Wir brauchen bloss die Pole der Hauptaxe und der beiden idealen Kreuzaxen durch Linien zu verbinden und durch je zwei benachbarte Verbindungslinien eine Fläche zu legen, um die Krystallform des Octaeders zu erhalten, welche durch drei auf einander senkrechte und sich halbirende gleichpolige Axen bestimmt wird. Wenn alle drei Axen verschieden sind, wie bei den Allostauren, so ist die Aequatorialebene ein Rhombus und die Grundform das Rhomben-Octaeder des rhombischen Krystallsystems. Wenn die beiden idealen Kreuzaxen gleich sind, und bloss die Hauptaxe verschieden, wie bei den Isostauren, so ist die Aequatorialebene ein Quadrat und die Grundform das Quadrat-Octaeder des tetragonalen Krystallsystems. Wenn endlich alle drei Axen gleich sind, so ist die Grundform das reguläre Octaeder des tesseralen Systems; diese Form gehört aber

nicht mehr hierher, da die Hauptaxe hier nicht differenzirt ist; wir haben sie daher oben bei den rhythmischen Polyaxonien betrachtet; sie soll hier nur nochmals erwähnt werden, um die nahe Berührung dieser verschiedenen Grundformen in ihren extremsten Ausläufern, dem absolut regulären Polyaxon und dem beinahe absolut regulären Stauraxon, zu zeigen. Das Quadrat-Octaeder der homopolen Staurаxonform könnten wir aus dem regulären Octaeder der rhythmischen Polyaxonform ganz einfach dadurch entstehen lassen, dass wir eine der drei gleichen Axen des letzteren nach beiden Polen hin gleichmässig ein wenig verlängern und dadurch zur Hauptaxe erheben.

Wie wir bei den genannten Krystallsystemen ebensowohl wie das Octaeder, auch die gerade prismatische Säule als Grundform ansehen dürfen, so kann dies auch bei den ihnen entsprechenden homopolen Stauraxonformen geschehen. Es würde dann die Grundform der Isostauren, welche dem Tetragonalsystem entspricht, die quadratische Säule sein, ein rechtwinkeliges Parallel-Epipedum mit quadratischer Basis. Die Grundform der Allostauren, welche dem rhombischen System entspricht, würde die rhombische Säule sein, ein gerades Parallel-Epipedum mit rhombischer Basis. In der That finden wir auch diese beiden prismatischen Formen in gewissen Radiolarien vollkommen rein verkörpert.

Während die heteropolen Stauraxonien bisher fast allein Object promorphologischer Betrachtungen gewesen sind, hat man die homopolen noch fast gar nicht berücksichtigt; und doch gehören sie aus den angeführten Gründen zweifelsohne zu den merkwürdigsten und lehrreichsten organischen Grundformen.

Erste Unterfamilie der homopolen Stauraxonien:

Gleichpolige Gleichkreuzaxige. Isostaura.

Stereometrische Grundform: Reguläre Doppelpyramide.

Die homopolen Stauraxonien mit gleichen Kreuzaxen oder Isostauren haben zur Grundform die reguläre Doppelpyramide, oder wenn man bloss die beiden idealen Kreuzaxen berücksichtigt und von den realen absieht, das Quadrat-Octaeder. Es entspricht also diese Formengruppe im Ganzen den Krystallformen des tetragonalen oder quadratischen Krystallsystems, in welchem unter Anderen Zinnerz, Rutil, Blutlaugensalz, schwefelsaures Nickeloxyd u. s. w. krystallisiren.

Wir können die Isostauren naturgemäss in zwei Gruppen bringen; je nachdem die homotypische Grundzahl Vier oder eine andere Zahl ist. Bei den octopleuren Isostauren oder den achtseitigen regu-

lären Doppelpyramiden (mit vier Antimeren), die also das verkörperte Quadrat-Octaeder sind, fallen die beiden gleichen radialen realen Kreuzaxen mit den beiden idealen Kreuzaxen zusammen und schneiden sich unter rechten Winkeln, wesshalb man sie auch Orthogonien nennen könnte. Bei den polypleuren Isostauren oder den vielseitigen regulären Doppelpyramiden (mit drei, fünf, sechs oder mehr Antimeren) schneiden sich die (drei, fünf, sechs oder mehr) radialen oder semiradialen realen Kreuzaxen unter spitzen Winkeln und es fällt daher wenigstens ein Theil von ihnen nicht mit den beiden idealen Kreuzaxen zusammen; sie könnten den Orthogonien als Oxygonien gegenübergestellt werden.

Erste Gattung der isostauren Stauraxonien:

Vielseitige reguläre Doppelpyramiden. Isostaura polypleura.

Stereometrische Grundform: Reguläre Doppelpyramide mit 6 *oder* 8 + 2n *Seiten.*

Realer Typus: Heliodiscus (Taf. II, Fig. 23, 24).

Die homopolen Stauraxonien, welche der Gruppe der polypleuren oder oxygonien Isostauren angehören, haben als Grundform eine reguläre Doppelpyramide mit sechs, zehn, zwölf oder mehr (allgemein 8 + 2n) congruenten Seitenflächen. Die Antimeren-Zahl muss demnach drei, fünf, sechs oder mehr sein. Ebenso gross ist die Zahl der realen Kreuzaxen (3,5 oder 5 + n), welche entweder gar nicht oder nur zum Theil mit den beiden idealen Kreuzaxen zusammenfallen und daher stets unter spitzen Winkeln sich kreuzen (Oxygonia). Es gehören hierher also alle regulären Doppelpyramiden mit Ausschluss der achtseitigen. Ebenso gut als die reguläre Doppelpyramide könnten wir auch das reguläre Prisma als Grundform der polypleuren Isostauren betrachten, also ein Prisma, dessen Seitenflächen Rechtecke und dessen Grundflächen reguläre Vielecke sind. Auch hier würde das vierseitige reguläre Prisma (die quadratische Säule), welches die Grundform der octopleuren Isostauren ist, auszuschliessen sein. Es würde also die Zahl der Seitenflächen des regulären Prisma mindestens drei, nächstdem fünf, sechs oder mehr betragen müssen.

Als eine besonders merkwürdige Art der polypleuren Isostauren könnte die zwölfseitige reguläre Doppelpyramide oder das Hexagonal-Dodecaeder hervorgehoben werden, weil dieselbe zugleich die Grundform des hexagonalen Krystallsystems ist, welches durch drei gleiche unter 60° sich schneidende Kreuzaxen characterisirt ist, die senkrecht auf dem Mittelpunkt der Hauptaxe stehen. Diese Form ist sehr rein in gewissen Pollen-Zellen verkörpert, z. B. von *Passiflora angustifolia, Heliotropium grandiflorum* etc. (Vgl. Taf. [illegible] Fig. 23).

Von allen Organismen sind es wiederum vorzüglich die Radiolarien, dann die Diatomeen und sehr viele Pollenkörner, welche die polypleure Isostauren-Form rein ausgeprägt zeigen, bald als reguläre Doppelpyramide, bald als reguläres Prisma; bald kann ebensogut die eine als die andere Grundform daraus abgeleitet werden. Diejenigen Radiolarien, bei denen die Doppelpyramide deutlicher hervortritt, gehören meistens den Familien der Ommatiden, Disciden und Sponguriden an. Die radialen oder semiradialen Kreuzaxen, welche von dem Halbirungspunkte der Hauptaxe zu den Ecken der vereinigten regulär-polygonalen Grundflächen der beiden congruenten Pyramiden gehen und die mithin in dieser Grundfläche (der Aequatorialebene) selbst liegen, sind hier gewöhnlich in Form starker und langer radialer Kieselstacheln verkörpert, die sich im Centrum unter gleichen spitzen Winkeln schneiden. Der Mittelkörper, von dessen Aequator diese Radien ausgehen, ist bald eine biconvexe Linse (*Heliodiscus*), bald ein verkörperter gerader Cylinder (*Stylodictya, Stylospongia*). Um die reguläre Doppelpyramide rein zu erhalten, braucht man bloss die Spitzen der Radialstacheln mit den beiden Polen der Hauptaxe durch gerade Linien zu verbinden, welche den Mantel des cylindrischen oder sphaeroiden linsenförmigen Mittelkörpers berühren. Die regulären Doppelpyramiden in der Form vieler Pollenkörner sind sehr leicht zu erkennen und haben eine sehr verschiedene Seitenzahl, z. B. 16 bei *Collomia grandiflora*, 30 bei *Monnina xalapensis*, 32 bei *Poligala chamaebuxus*.

Die Zahl der Stachelradien, welche die homotypische Grundzahl bestimmt und halb so gross ist, als die Zahl der congruenten Seitenflächen der Doppelpyramide, scheint bei den meisten hierher gehörigen Radiolarien-Species constant zu sein. In der schönen Gattung *Heliodiscus* (zur Ommatiden-Familie gehörig) finden wir *H. phacodiscus* mit 12 Radien (Rad. Taf. XVII, Fig. 5—7), *H. Humboldtii* mit 18 Radien (Ehrenberg, Microgeol. Taf. XXXVI, Fig. 27); bei *H. sol* scheinen deren 24 und bei *H. amphidiscus* 16 vorhanden zu sein. *Stylospongia Huxleyi* ist durch 10 Radien ausgezeichnet (Rad. Taf. XXVIII, Fig. 7). In anderen Fällen variirt die Antimeren-Zahl innerhalb der Species, oder nimmt mit dem Alter und Wachsthum des Thieres zu, so bei *Stylodictya multispina* (Rad. Taf. XXIX, Fig. 5), wo zwischen 24 und 40, gewöhnlich 28, und bei *Stylodictya arachnia* (J. Müller, Abhandl. Taf. I, Fig. 8), wo zwischen 8 und 16, gewöhnlich 12 Radien und ebenso viele Antimeren vorhanden sind.

Nächst den Radiolarien finden wir die vielseitige reguläre Doppelpyramide als Grundform vieler Diatomeen und Desmidiaceen, ferner sehr zahlreicher Pollenkörner wieder. Unter letzteren ist besonders häufig die sechsseitige (z. B. Pollen von *Caryocar brasiliense*, *Scorzonera pratensis*). Zehnseitig ist der Pollen vieler Violen, zwanzigseitig von *Symphytum*.

Als Radiolarien, in denen das reguläre Prisma rein verkörpert ist, sind hier vor Allen 3 höchst merkwürdige Formen zu nennen, und zwar

ist bei allen drei das reguläre Prisma ein dreiseitiges, die Grundflächen also gleichseitige Dreiecke. Das zur Familie der Acanthodesmiden gehörige *Prismatium tripleurum* (Taf. II, Fig. 24) zeigt diese stereometrische Form so rein verkörpert, dass wir auf die von uns gegebene Beschreibung und Abbildung dieses seltsamen Protisten speciell verweisen müssen (Rad. p. 270, Taf. IV, Fig. 6). Das Kieselskelet desselben besteht lediglich aus 9 dünnen Stäben, welche in ihrer Lagerung und Verbindung in der That vollkommen den 9 Kanten des regulären dreiseitigen Prisma entsprechen. Weniger in die Augen fallend, aber eben so rein, tritt uns das reguläre dreiseitige Prisma in einigen Sponguriden und Disciden entgegen, nämlich in *Dictyocoryne euchitonia* (Rad. p. 468), und in mehreren, mit 3 gleichen Armen versehenen Arten von *Euchitonia*, so namentlich *E. Leydigii* und *E. Köllikeri* (Rad. p. 510, 511; Taf. XXXI, Fig. 4—7). Für die erste oberflächliche Betrachtung scheinen die Kieselskelete dieser Thiere dünne gleichseitig-dreieckige Scheiben zu sein. Sobald man sie aber auch von dem schmalen Rande her betrachtet, erkennt man, dass es reguläre dreiseitige Prismen mit sehr verkürzter Hauptaxe sind. Die radialen Mittellinien der 3 gleichen, unter gleichen Winkeln von dem cylindrischen Mittelkörper abstehenden Arme, und die interradialen Verlängerungen dieser 3 Mittellinien, die sich unter Winkeln von 60° schneiden, sind die semiradialen Kreuzaxen des regulären dreiseitigen Prisma. Endlich scheint dieselbe Grundform auch in dem höchst merkwürdigen *Coelodendrum* erkennbar zu sein, dessen Gestalt jedoch nicht hinlänglich genau bekannt ist (vergl. Rad. p. 360—364, Taf. XIII, Fig. 1, 2, Taf. XXXII, Fig. 1).

Zweite Gattung der isostauren Stauraxonien.

Quadrat-Octaeder. Isostaura octopleura.

Stereometrische Grundform: Reguläre Doppelpyramide mit 8 Seiten.

Realer Typus: Acanthostaurus (Taf. II, Fig. 25, 26).

Unter allen Arten der Doppelpyramiden ist es diejenige mit acht gleichen Seitenflächen, welche die einfachsten Verhältnisse darbietet und sich unmittelbar an das reguläre Octaeder der rhythmischen Polyaxonform anschliesst. Die Grundform dieser octopleuren Isostauren ist das Quadrat-Octaeder des quadratischen oder tetragonalen Krystallsystems. Die beiden radialen realen Kreuzaxen fallen mit den beiden gleichen idealen Kreuzaxen zusammen und schneiden sich unter rechten Winkeln, daher man diese Formen auch Orthogonia nennen kann. Diese Kreuzaxen sind die Diagonalen des Quadrates, welches die Aequatorialebene des Octaeders bildet. Die Hauptaxe ist bei den hierher gehörigen Thierformen sehr verschieden entwickelt, bald länger, bald bedeutend kürzer als die beiden unter einander gleichen radialen Kreuzaxen.

Die Organismen, welche die Grundform des Quadrat-Octaed[illegible]

deutlich ausgeprägt zeigen, und also unmittelbar an die Krystallformen des tetragonalen Systems sich anschliessen, gehören grösstentheils wieder der Radiolarien-Klasse an. Gewöhnlich ist bei denselben die reine stereometrische Krystallform des Organismus desshalb so klar ausgesprochen, weil sie radiale, sehr entwickelte Kieselstacheln besitzen, die durch ihre Lagerung vollkommen den Axen des Quadrat-Octaeders entsprechen, und die man geradezu als verkörperte Krystallaxen ansehen darf. Auch unter den Diatomeen und Desmidiaceen (Taf. II, Fig. 25) ist das Quadrat-Octaeder sehr verbreitet (z. B. *Staurastrum dilatatum*), ferner bei vielen Pollenkörnern (z. B. *Annona tripetala, Phyllidrum lanuginosum*). Vor Allen merkwürdig und höchst wichtig für die Frage von der Formenverwandtschaft der Krystalle und der Organismen sind hier aber diejenigen Radiolarien, welche zwanzig nach Müller's Gesetze symmetrisch vertheilte Radialstacheln besitzen. (Taf. II, Fig. 26). Wir haben dieses höchst interessante Stellungsgesetz, welches zuerst von Johannes Müller entdeckt wurde, und welches wir ihm zu Ehren benannt haben, in unserer Monographie der Radiolarien weitläufig erörtert und als ein in dieser Thierklasse sehr weit verbreitetes nachgewiesen (l. c. p. 40—45) und müssen hier auf die dort gegebenen ausführlichen Erläuterungen und zahlreichen Abbildungen verweisen (z. B. Taf. IX, X, XV—XXIV).

Müller's Gesetz von der Stellung der 20 symmetrisch vertheilten Radialstacheln der Radiolarien lässt sich am kürzesten folgendermaassen formuliren: „Zwischen 2 stachellosen Polen stehen 5 Gürtel von je 4 radialen Stacheln; die 4 Stacheln jedes Gürtels sind gleich weit von einander und auch gleich weit von demselben Pole entfernt, und alterniren so mit denen der benachbarten Gürtel, dass alle 20 zusammen in 4 Meridian-Ebenen liegen.“ Zur Bezeichnung der einzelnen Stachelgürtel haben wir nach Müller's Vorgange das Bild des Erdglobus gewählt und die stachellose Axe der Erdaxe gleichgesetzt, die beiden stachellosen Pole dieser Hauptaxe den beiden Polen der Erdaxe. Es fällt dann der mittlere, unpaare von den 5 Stachelgürteln in die Aequatorialebene und demgemäss sind die 4 Stacheln, welche in dieser liegen und 2 rechtwinklig gekreuzte aequatoriale Durchmesser darstellen, als Aequatorialstacheln zu bezeichnen. In denselben beiden (auf einander senkrechten) Meridian-Ebenen, wie die 4 aequatorialen, liegen auch die 8 Radialstacheln, welche zu je Vieren die beiden Pole umgeben, und deren Spitzen in die Polarkreise des fingirten Erdglobus fallen würden; sie heissen desshalb Polarstacheln. Zwischen den beiden Zonen der 8 polaren und der unpaaren Zone der 4 aequatorialen Stacheln liegen die beiden mit ihnen alternirenden Zonen der 8 Tropenstacheln, in zwei senkrecht gekreuzten (interradialen) Meridianebenen, welche zwischen den beiden ersten (radialen) Meridianebenen in der Mitte liegen; die Spitzen von je 4 Tropenstacheln fallen in einen Wendekreis. Um eine allgemein gültige Bezeichnung für die 20 nach diesem merkwürdigen Gesetz vertheilten Stacheln durchzu-

führen, haben wir die 5 Gürtel mit folgenden Buchstaben bezeichnet: die 4 Stacheln des nördlichen Polarkreises mit a, die 4 Stacheln des südlichen mit e, die 4 aequatorialen Stacheln mit c, die 4 Stacheln des nördlichen Wendekreises mit b, die 4 Stacheln des südlichen mit d. Ferner haben wir die 4 Stacheln eines jeden Gürtels der Reihe nach (bei einem Umgang von Osten nach Westen) mit den Zahlen 1, 2, 3, 4 bezeichnet.

Wenn wir diese allgemein gültigen Bezeichnungen festhalten, so liegen I. in der ersten Radialebene (ersten Meridianebene) a1 c1 e1 e3 c3 a3; II. in der ersten Interradialebene (zweiten Meridianebene) b1 d1 d3 b3; III. in der zweiten Radialebene (dritten Meridianebene) a2 c2 e2 e4 c4 a4; IV. in der zweiten Interradialebene (vierten Meridianebene) b2 d2 d4 b4. Die zahlreichen weiteren merkwürdigen Modificationen der Körperbildung, welche dieses Gesetz namentlich auch in der Architectur der gitterschaaligen Ommatiden nach sich zieht, haben wir in unserer Monographie der Radiolarien ausführlich erörtert und durch genaue Abbildungen erläutert, namentlich an *Acanthometra bulbosa*, *A. Mülleri*, *A. fragilis* (Taf. XV, Fig. 2, 3, 4), *Xiphacantha spinulosa* (Taf. XVII, Fig. 4), *Acanthostaurus hastatus* (Taf. XIX, Fig. 5), *Dorataspis bipennis*, *D. polyancistra* (Taf. XXI, Fig. 1, 2) und vielen Anderen. Indem wir auf die Beschreibung dieser Arten verweisen, wollen wir hier nur dasjenige nachtragen, was auf die octaedrische Grundform Bezug hat und was dort nur beiläufig erwähnt wurde. (Vgl. auch Taf. II, Fig. 26 nebst Erklärung.)

Es ist klar dass für unsere Frage vor Allen die 4 unter rechten Winkeln zusammenstossenden Aequatorialstacheln von Interesse sind, welche als Verkörperungen der Richtaxen, der beiden auf einander senkrechten Durchmesser der Aequatorialebene (Diagonalen der quadratischen Grundfläche der Pyramiden) anzusehen sind und als solche die Orientirung des übrigen Körpers bestimmen. Da diese beiden Axen bei den einen Radiolarien gleich, bei den andern ungleich sind, so dürfen wir sie als ideale Kreuzaxen (Dicken- und Breiten-Durchmesser) ansehen, während die stachellose Hauptaxe, die constant von jenen Beiden verschieden ist, als Längsaxe oder eigentliche Hauptaxe zu betrachten ist.

Bei allen Radiolarien, welche 20 nach Müller's Gesetze symmetrisch vertheilte Radialstacheln tragen, lässt sich die octaedrische Grundform ganz einfach und bestimmt dadurch nachweisen, dass man die Spitzen der benachbarten polaren und aequatorialen Stacheln durch Linien verbindet und durch diese Linien Flächen legt. Sind die beiden radialen Kreuzaxen (Aequatorial-Stachel-Paare) gleich, so entsteht dadurch das Quadrat-Octaeder der Isostauren, die Grundform des tetragonalen Krystallsystems; sind die beiden radialen Kreuzaxen ungleich, so entsteht das rhombische Octaeder der Allostauren, die Grundform des rhombischen Krystallsystems. Im letzteren Falle haben wir von den beiden ungleichen Kreuzaxen (Aequatorial-Durchmessern) in unserer Monographie die längere und stärkere (oft auch durch besondere Bildung ausgezeichnete) als verticale (oder longitudinale), dagegen die kürzere und schwächere als horizontale (oder transversale) bezeichnet. Doch ziehen wir es jetzt vor, um Uebereinstimmung mit der hier consequent durchgeführten Nomenclatur zu gewinnen, die eine, (und zwar

die verticale) als Dickenaxe (Dorsoventral-Durchmesser), die andere (die horizontale) als Breitenaxe (Lateral-Durchmesser) zu bezeichnen. Bestimmend für diese Wahl ist insbesondere, dass bei einer merkwürdigen Acanthostauride, der *Amphilonche anomala* (Taf. XVI, Fig. 8), die beiden Pole der längeren oder Dickenaxe ungleich werden, so dass sich Rücken- und Bauchseite differenzirt, während die beiden Pole der schwächeren oder Breitenaxe (Rechts und Links) gleich bleiben. Das Quadrat-Octaeder des tetragonalen Krystallsystems ist als organische Grundform am weitesten verbreitet unter denjenigen Radiolarien, welche der umfangreichen Familie der Acanthometriden angehören. Hier ist dasselbe für die ganzen Unterfamilien der Astrolithiden und Acanthostauriden (mit Ausnahme der Gattung *Amphilonche*), die bestimmende Grundform (Rad. Taf. XV—XX). Vorzüglich scharf tritt seine Grundform da hervor, wo die beiden gleichen Kreuzaxen besonders ausgezeichnet sind, wie bei den Gattungen *Acanthostaurus* (Taf. XIX, Fig. 1—5), *Lithoptera* und *Staurolithium* (Taf. XX, Fig. 1, 6). Ebenso ist unter den Ommatiden die Grundform des Quadrat-Octaeders leicht nachzuweisen bei allen Arten von *Dorataspis* (Taf. XXI, XXII, Fig. 1), bei *Aspidomma hystrix* und mehreren Arten von *Haliommatidium*, von *Haliomma* und von *Actinomma*. Dasselbe gilt endlich auch von vielen Radiolarien mit 20 nach Müller's Gesetz vertheilten Radialstacheln aus der Familie der Ethmosphaeriden, so z. B. von *Diplosphaera gracilis* (Taf. X, Fig. 1), *Heliosphaera actinota*, *H. echinoides*, *H. elegans* (Taf. IX, Fig. 3—5) und vielen Anderen.

Wir haben im Vorhergehenden den Beweis, dass das Quadrat-Octaeder die Grundform derjenigen Radiolarien sei, welche 20 nach Müller's Gesetz vertheilte gleiche Radialstacheln besitzen, einfach dadurch geführt, dass wir die Spitzen der 4 Aequatorialstacheln unter einander und mit der Spitze der (in den entsprechenden Meridianebenen liegenden) 8 Polarstacheln durch Linien verbanden und durch je 2 benachbarte Verbindungslinien eine Ebene legten. So entstand das reine Quadrat-Octaeder ohne jede Hülfsconstruction. Wir haben aber dabei die 8 Tropenstacheln, welche in den beiden interradialen Meridianebenen liegen, vernachlässigt und über deren Bedeutung für die Grundform der Isostauren ist hier noch einiges nachzutragen.

Es muss hier unterschieden werden zwischen denjenigen Radiolarien mit 20 nach Müller's Gesetz vertheilten Radialstacheln, bei denen diese sämmtlich gleich, und denjenigen, bei denen entweder eines oder beide Paare der Aequatorialstacheln (Radialaxen) durch besondere Grösse oder Form ausgezeichnet ist. Diejenigen, bei denen jene Auszeichnung bloss das eine Paar (die verticalen Stacheln der Dorsoventralaxe) trifft, während die übrigen 18 unter sich gleich sind, werden wir sogleich unter den Allostauren näher betrachten. Diejenigen Radiolarien dagegen, bei denen jene Auszeichnung beide Paare betrifft, verdienen hier noch besondere Berücksichtigung. (Vergl. Taf. II, Fig. 26).

Wir finden in diesem Falle 16 unter sich gleiche, kleinere Stacheln (8 Polar- und 8 Tropenstacheln), und 4 unter sich gleiche, grössere Stacheln (4 Aequatorialstacheln), die letzteren liegen in den beiden radialen Kreuz-

axen, die mit den beiden idealen Kreuzaxen zusammenfallen. Die Radiolarien, die sich durch diese Differenzirung der Aequatorialstacheln auszeichnen, gehören fast alle der gestaltenreichen Familie der Acanthometriden an, und zwar den beiden Subfamilien der Acanthostauriden und Astrolithiden. Bloss durch bedeutendere Grösse (Länge, Dicke und Breite) sind die 4 Aequatorialstacheln von den 16 übrigen verschieden bei den Gattungen ***Acanthostaurus*** (Rad. Taf. XIX, Fig. 1—4) und ***Staurolithium*** (Rad. Taf. XIX, Fig. 6); dagegen zeichnen sie sich zugleich durch besondere Form vor den anderen 16 aus bei den Gattungen ***Lonchostaurus*** (Taf. XIX, Fig. 5) und ***Lithoptera*** (Taf. XX, Fig. 1, 2). Bei allen diesen Acanthometriden ist die Hauptaxe des Quadrat-Octaeders kürzer als jede der beiden radialen Kreuzaxen und es erreicht die Spitze der Tropenstacheln nicht die Seitenflächen des Octaeders. Die Tropenstacheln sind kürzer, als die Flächenaxen des Octaeders (die Perpendikel, welche vom Mittelpunkt auf die Seitenflächen gefällt werden). Es kann demnach kein Zweifel sein, dass diese Formen als die reinsten Repräsentanten der Octopleuren zu betrachten sind.

Anders verhält es sich, genau genommen, bei denjenigen Radiolarien, wo die 20 nach Müllers Gesetz vertheilten Radialstacheln sämmtlich gleich, weder durch Grösse noch durch Form verschieden sind. Es ist dies der Fall bei allen Arten von ***Acanthometra*** (Rad. Taf. XV), ***Xiphacantha*** (Taf. XVII, Fig. 3, 4), ***Dorataspis*** (Taf. XXI), ***Asthrolithium*** (Taf. XX, Fig. 3—5) ***Haliommatidium***, ***Aspidomma***, bei vielen Arten von ***Haliomma*** und ***Actinomma*** aus der Familie der Ommatiden, von ***Heliosphaera*** (Taf. IX, Fig. 3—5) und ***Diplosphaera*** (Taf X, Fig. 1) aus der Familie der Ethmosphaeriden und bei vielen anderen Radiolarien. Hier ist die Hauptaxe des Quadrat-Octaeders länger als jede der beiden radialen Kreuzaxen und es ragt die Spitze der Tropenstacheln weit über die Seitenflächen des Octaeders hinaus. Die Tropenstacheln sind also länger, als die Flächenaxen des Octaeders oder die vom Mittelpunkt auf die Seitenflächen gefällten Perpendikel.

Wenn wir nun hier, nachdem wir durch Verbindung der Spitzen der aequatorialen und polaren Stacheln das Quadrat-Octaeder construirt haben, auch die Spitzen der Tropenstacheln mit den beiden Polen der Hauptaxe des Octaeders durch gerade Linien verbinden und durch diese Verbindungslinien und die benachbarten Octaeder-Kanten Ebenen legen, so erhalten wir eine sechzehnseitige Doppelpyramide, deren 16 Seitenflächen ungleichseitige Dreiecke sind! Von diesen 16 Dreiecken sind 8 unter sich absolut congruente und diese sind den übrigen 8, welche ebenfalls unter sich absolut congruent sind, symmetrisch gleich, d. h. man muss sie umklappen, Rechts und Links vertauschen, damit sie sich decken können. In jeder achtseitigen Hälfte der Doppelpyramide sind je 2 anstossende Seitenflächen symmetrisch-gleich, je 2 alternirende und eben so je 2 gegenüber liegende dagegen congruent. Wir können diese Form als sechzehnseitige regulär-amphithecte Doppelpyramide be-zeichnen, da sie in der That ein vollkommenes Mittelding zwischen d[illegible] gulären und der amphithecten Doppelpyramide ist. Wenn wir die ei[illegible] beiden idealen Kreuzaxen (die mit den radialen realen Kreuzaxen

menfallen) ein wenig verlängern oder verkürzen, so erhalten wir die reine amphithecte, wenn wir dagegen die beiden interradialen Kreuzaxen den radialen Kreuzaxen gleich lang machen, die reine reguläre sechszehnseitige Doppelpyramide. Die Aequatorialebene der regulär-amphithecten Doppel-Pyramide (die Grundfläche der Einzeln-Pyramide) ist das regulär-amphithecte Polygon, d. h. das (2nseitige) Polygon, dessen sämmtliche Seiten gleich, dessen sämmtliche Winkel aber nur paarweise (alternirend) gleich, paarweise (je 2 benachbarte) ungleich sind. Vom regulären Polygon unterscheidet sich das regulär-amphithecte Vieleck durch die Ungleichheit der Winkel, vom amphithecten Polygon durch die Gleichheit der Seiten.

Es entsteht nun die Frage: Ist die eigentliche Grundform der Radiolarien, welche 20 gleiche, nach Müllers Gesetz vertheilte Radialstacheln besitzen, das Quadrat-Octaeder, oder die sechszehnseitige regulär-amphithecte Doppelpyramide? Im ersteren Falle würde der Körper aus vier congruenten Antimeren, im letzteren aus acht Antimeren bestehen, von denen je zwei anstossende symmetrisch-gleich, je zwei alternirende congruent sind. Für beide Ansichten liessen sich Beweise beibringen. Vergleicht man aber diese Formen mit den nächst verwandten, deren 4 Aequatorialstacheln sich durch besondere Entwickelung vor den 16 schwächeren Radialstacheln auszeichnen (*Acanthostaurus*, *Lithoptera* etc.) und erwägt man die übrigen die homotypische Grundzahl bestimmenden Gründe, so erscheint es bei weitem passender, das Quadrat-Octaeder als die eigentliche Grundform in allen diesen Fällen zu betrachten und als die Antimeren-Zahl Vier zu bestimmen. Es kann nur als ein Umstand von secundärer Bedeutung betrachtet werden, dass die 4 Antimeren im einen Falle (bei *Lithoptera*, *Lonchostaurus* etc., mit 16 kleineren und 4 grösseren Stacheln) aus 2 congruenten, im anderen Falle dagegen (bei *Acanthometra*, *Dorataspis* etc., mit 20 gleichen Stacheln) aus 2 symmetrisch gleichen Hälften zusammengesetzt sind. Die realen Kreuzaxen, welche durch die Meridianebenen der Tropenstacheln gehen, können nur die Bedeutung von interradialen, nicht aber von radialen Kreuzaxen beanspruchen.

Den octopleuren Isostauren mit 20 nach Müllers Gesetz vertheilten Radialstacheln, bei denen wir durch die einfachste geometrische Construction das Quadrat-Octaeder des tetragonalen Krystallsystems als Grundform nachweisen können, schliessen sich noch einige andere, sehr merkwürdige Radiolarien an, bei denen dieselbe Grundform in einer anderen Modification oder einer abgeleiteten Form, insbesondere der quadratischen Säule, (dem regulären vierseitigen Prisma) ebenso unverkennbar ausgeprägt ist. Es ist dies der Fall bei dem von Ehrenberg beschriebenen Sponguriden *Dictyocoryne tetras* (Rad. p. 469) und bei dem schönen, von ihm abgebildeten Disciden *Astromma Aristotelis* (Microgeologie, Taf. XXXVI, Fig. 32.) Die aus kieseligem Schwammwerk gebildeten quadratischen Scheiben dieser Radiolarien sind in der That Nichts anderes, als vierseitige reguläre Prismen mit sehr verkürzter Hauptaxe. Die beiden auf einander senkrechten Ebenen, welche man durch die verkürzte Hauptaxe und die Mittellinien der 4 rechtwinkelig gekreuzten Arme von *Astromma Aristotelis* legen kann, sind

die beiden radialen Kreuzebenen, welche die quadratische Säule in 4 congruente Antimeren (rechtwinkelige dreiseitige Prismen) zerlegen. Die Mittellinien der 4 Arme selbst fallen mit den beiden idealen Kreuzaxen zusammen. In *Dictyocoryne tetras* ist ebenso das vierseitige, wie in *D. euchitonia* das dreiseitige reguläre Prisma unverkennbar. Dieselbe Grundform ist endlich auch, wenngleich sehr versteckt, noch in dem merkwürdigen *Zygostephanus Mülleri* zu erkennen (Rad. Taf. XII, Fig. 2). Bei diesem kleinen Acanthodesmiden besteht das Kieselskelet aus 2 gleichen elliptischen Kieselringen, die senkrecht auf einander stehen und sich in ihren beiden Berührungsstellen gegenseitig halbiren. Die längsten Durchmesser der beiden gleichen Ellipsen sind die beiden gleichen idealen (radialen) Kreuzaxen; der kürzeste Durchmesser, in dem die beiden gleichen Ellipsen sich schneiden, und der also beiden gemeinsam ist, stellt die Hauptaxe dar. Auch hier also haben wir 3 aufeinander senkrechte gleichpolige Axen ausgesprochen, von denen 2 gleich, die dritte ungleich ist, mithin die Grundform des quadratischen Krystallsystems.

Endlich ist zu erwähnen, dass die quadratische Säule auch die Grundform von zahlreichen einzelnen Plastiden bildet, insbesondere einzelner Desmidiaceen (z. B. *Staurastrum dilatatum Desmidium quadrangulare*) und Diatomeen, sowie vieler Pollenzellen (sehr rein z. B. von *Viola tricolor*).

Zweite Unterfamilie der homopolen Stauraxonien:

Gleichpolige Ungleichkreuzaxige. Allostaura.

Stereometrische Grundform: Amphithecte Doppelpyramide.

Die homopolen Stauraxonien mit ungleichen Kreuzaxen, welche wir kurz Allostauren nennen wollen, haben als bestimmte Grundform die amphithecte Doppelpyramide, oder, wenn man bloss die beiden idealen Kreuzaxen berücksichtigt und von den realen absieht, das Rhomben-Octaeder. Es entspricht mithin diese Gruppe von Organismen-Formen im Ganzen den Krystallformen des rhombischen Systems, in welchem unter Anderen Jod, Schwefel, Arragonit, Salpeter etc. krystallisiren.

Die Allostauren zerfallen, je nachdem die homotypische Grundzahl Vier oder eine andere Zahl ist, in zwei Gruppen, welche den beiden Abtheilungen der Isostauren vollkommen entsprechen. Bei den octopleuren Allostauren oder den achtseitigen amphithecten Doppelpyramiden (mit 4 Antimeren), die also Rhomben-Octaeder sind, fallen die beiden ungleichen Strahlaxen (die beiden radialen realen Kreuzaxen) mit den beiden idealen Kreuzaxen zusammen und schneiden sich unter rechten Winkeln (daher sie auch Orthogonia heissen können). Bei den polypleuren Allostauren oder den vielseitigen amphithecten Doppelpyramiden, die den letzteren als Oxygonien gegenüberstehen, schneiden sich die Strahlenaxen (die radialen realen Kreuzaxen) unter spitzen Winkeln, da die Zahl derselben mindestens

drei beträgt und sie demgemäss gar nicht oder nur zum Theil mit den beiden idealen Kreuzaxen zusammenfallen können. Da die homotypische Grundzahl hier stets eine gerade sein muss (2n), so ist die Hälfte der realen Kreuzaxen radial, die Hälfte interradial. Das Minimum der Antimeren-Zahl ist daher sechs, demnächst acht, zehn, zwölf u. s. w. (2n). Wie bei den Isostauren können wir auch bei den Allostauren die octopleuren als eine specielle Form der polypleuren auffassen und zwar als die einfachste und dem regulären Polyeder am nächsten stehende Form derselben.

Erste Gattung der allostauren Stauraxonien.

Vielseitige amphithecte Doppelpyramiden. Allostaura polypleura.

Stereometrische Grundform: Amphithecte Doppelpyramide mit 8 + 4 n Seiten.

Realer Typus: Amphilonche (Taf. II, Fig. 27, 28).

Die homopolen Stauraxonien, welche die Abtheilung der polypleuren (oder oxygonien) Allostauren repräsentiren, haben zur Grundform die vielseitige amphithecte Doppelpyramide, deren allgemeine Eigenschaften wir oben bereits erläutert haben. Da die achtseitige amphithecte Doppelpyramide oder das Rhomben-Octaeder als die specielle einfachste Form, welche die besondere Gruppe der octopleuren Allostauren bildet, ausgeschlossen ist, und da die Antimerenzahl der amphithecten Doppelpyramide stets eine gerade sein muss, so muss dieselbe mindestens aus sechs, demnächst aus acht, zehn, zwölf und allgemein aus 4+2n Antimeren zusammengesetzt sein. Die Zahl der Seitenflächen, doppelt so gross als die der Antimeren, muss mindestens zwölf, demnächst sechszehn, zwanzig u. s. w., kurz im Allgemeinen 8+4n betragen. Da mindestens drei radiale Kreuzaxen vorhanden sein müssen, so können dieselben entweder gar nicht oder nur zum Theil mit den beiden idealen Kreuzaxen zusammenfallen und müssen sich unter spitzen Winkeln schneiden (Taf. II, Fig. 27, 28).

Die polypleure Allostauren-Form ist unter allen homopolen Stauraxonien die seltenste und findet sich nur in wenigen Formen von Pollenkörnern und in wenigen Radiolarien deutlich verkörpert. Wahrscheinlich dürfte hierher der merkwürdige *Diploconus fasces* zu ziehen sein, unter dessen Doppelkegelform [1]), durch die Vertheilung

[1]) *Diploconus fasces*, eines der seltsamsten und in promorphologischer Beziehung räthselhaftesten Radiolarien, welches in unserer Monographie (p. 404, Taf. XX, Fig. 7, 8) ausführlich erläutert ist, haben wir zwar oben wegen der reinen apicalen Doppelkegelform seines Kieselmantels bei den amphepipeden homopolen Monaxonien erwähnt. Allein durch die symmetrische Vertheilung der radialen Stacheln wird doch die Grundform der amphithecten und zwar der

der radialen Stacheln angedeutet, die Grundform der zwölfseitigen amphithecten Doppelpyramide versteckt zu sein scheint. Viel deutlicher jedoch erscheint die Grundform der amphithecten Doppelpyramide', und zwar der sechzehnseitigen, bei denjenigen Radiolarien ausgeprägt, bei welchen zwanzig nach Müller's Gesetz symmetrisch vertheilte Radialstacheln vorhanden sind, und bei welchen achtzehn von diesen Stacheln gleich, zwei aber (die beiden gegenständigen Stacheln der einen Aequatorialaxe) durch viel bedeutendere Grösse *(Amphilonche)* und oft auch durch besondere Gestalt *(Amphibelone)* vor den übrigen achtzehn ausgezeichnet sind (Rad. Taf. XVI). Es sind diese Radiolarien wesentlich verschieden von denjenigen oben unter den octopleuren Isostauren betrachteten Formen, welche ebenfalls zwanzig nach Müller's Gesetz vertheilte Stachelradien besitzen, bei denen aber alle zwanzig gleich sind, oder die vier Stacheln der beiden aequatorialen Kreuzaxen von den übrigen sechzehn verschieden, unter sich aber gleich sind. Bei diesen allen sind die beiden radialen Kreuzaxen, welche mit den beiden idealen zusammenfallen, gleich; dagegen sind sie bei *Amphilonche, Amphibelone* und den anderen Radiolarien, die wir als amphithecte Doppelpyramiden ansehen müssen,

---

zwölfseitigen Doppelpyramide (mit 6 Antimeren) bestimmt angedeutet. Wenn wir das gewaltige Stachelpaar, welches die verkörperte Axe des Doppelkegels bildet, als Hauptaxe auffassen, so wird die eine radiale reale Kreuzaxe, welche mit der einen idealen zusammenfällt, durch 2 gegenständige kurze radiale Cylinderstäbe repräsentirt, welche senkrecht auf der Hauptaxe in deren Halbirungspunkte stehen (in der vereinigten Spitze der beiden congruenten Kegel). Diese beiden Radialstäbe, welche die erste Kreuzaxe bilden, liegen mithin in der Aequatorialebene. Die andere ideale Kreuzaxe, die auf der ersten senkrecht steht, ist stachellos. Beiderseits der Aequatorialebene sind 8 kurze cylindrische Radialstäbe symmetrisch vertheilt, die in 2 auf einander senkrechten Meridianebenen liegen, und zwar bilden diese 8 Radien jederseits der Aequatorialebene einen Gürtel von 4 Radialstäben, deren Enden gleich weit von einander und gleich weit von jedem Pole der Hauptaxe entfernt sind. Die beiden rechtwinkelig gekreuzten Meridianebenen, in deren jeder 4 von diesen Radien liegen, sind als 2 radiale Kreuzebenen (zweite und dritte) zu betrachten, während die erste radiale Kreuzebene diejenige Meridianebene ist, welche durch die Hauptaxe und die erste Kreuzaxe gelegt wird. Diese erste Radialebene bildet mit jeder der beiden anderen einen Winkel von 45°. Als zweite und dritte radiale (reale) Kreuzaxen sind die Durchschnittslinien der zweiten und dritten Meridianebene mit der Aequatorialebene aufzufassen. Die zwölfseitige amphithecte Doppelpyramide erhalten wir nun einfach dadurch, dass wir die beiden Pole der Hauptaxe mit den 6 Polen der 3 radialen Kreuzaxen durch grade Linien verbinden, und durch je zwei benachbarte Verbindungslinien eine Ebene legen. Diese Doppelpyramide wird durch die 3 radialen Kreuzebenen in 6 Antimeren zerlegt, deren jedes aus 2 gleichen, mit der Basis vereinigten dreiseitigen Pyramiden zusammengesetzt ist. Die Basis der beiden gegenständigen Doppelpyramiden, die

ungleich. Diejenige Kreuzaxe, welche durch die grösseren und oft besonders geformten beiden Stachelradien besonders ausgezeichnet ist, wird am besten als dorsoventrale oder Dickenaxe, die andere darauf senkrechte Kreuzaxe, deren beide Stachelradien nicht von den sechszehn übrigen verschieden sind, als laterale oder Breitenaxe angesehen.[1]) Die eigentliche Hauptaxe, um welche sich der ganze Stachelcomplex bilateral gruppirt, und welche die Axe der amphithecten Doppelpyramide darstellt, ist auch hier stachellos, und daher kürzer als die beiden radialen Kreuzaxen.

Ausser den genannten artenreichen Acanthometriden-Gattungen (*Amphilonche* und *Amphibelone*, Rad. Taf. XVI. gehören hierher auch einige nächstverwandte Ommatiden-Arten, namentlich *Haliommatidium Mülleri* und *H. fenestratum* (Rad. Taf. XXII, Fig. 10—12). Bei allen diesen Radiolarien

---

durch die zweite (stachellose) ideale Kreuzaxe halbirt werden, ist ein gleichschenkeliges Dreieck, die Basis der 4 anderen ein ungleichseitiges Dreieck. Von diesen 4 Doppelpyramiden, deren Basen von den 3 realen radialen Kreuzaxen begrenzt werden, sind je 2 anstossende symmetrisch gleich, je 2 gegenständige congruent. Die Aequatorialebene der zwölfseitigen amphithecten Doppelpyramide ist demgemäss ein Sechseck, in welchem je 2 Gegenseiten gleich und parallel und von den 3 Diagonalen, welche die gleichen Gegenwinkel verbinden, 2 gleich, die dritte von diesen verschieden ist. Ausserdem sind die beiden anstossenden Seiten, welche den Winkel am Ende der ungleichen Diagonale einschliessen, gleich, dagegen die beiden anstossenden Seiten, welche den Winkel am Ende jeder gleichen Diagonale einschliessen, ungleich. In unserer Monographie der Radiolarien haben wir eine andere Deutung der merkwürdigen Gestalt des *Diploconus fasces* versucht, indem wir bemüht waren, eine Homologie mit gewissen Acanthometriden (namentlich *Amphilonche heteracantha*) nachzuweisen und dadurch die Verbindung mit den übrigen Radiolarien herzustellen, von denen dieses seltsame Wesen sonst so bedeutend abweicht. Wir haben dort das grosse Stachelpaar, welches die Axe des Doppelkegels bildet, nicht als Hauptaxe, sondern als dorso-ventrale Kreuzaxe betrachtet und als Hauptaxe, wie bei *Amphilonche*, die stachellose Axe, welche auf jener und auf der lateralen Kreuzaxe senkrecht steht. Als Aequatorialebene musste daher dort diejenige Ebene bezeichnet werden, die wir hier als erste radiale Kreuzebene betrachtet haben. Es würde nach dieser Deutung als die eigentliche Grundform des *Diploconus fasces* nicht die zwölfseitige amphithecte Doppelpyramide mit 6 Antimeren, sondern die sechszehnseitige mit 8 Antimeren, gleichwie bei *Amphilonche*, anzusehen sein. Indess will uns jetzt jene frühere Deutung als die gezwungenere und die hier gegebene als die natürliche erscheinen.

[1]) Die stärkere dorsoventrale Kreuzaxe habe ich in meiner Monographie der Radiolarien als verticale (oder longitudinale) Hauptaxe, die schwächere laterale Kreuzaxe als horizontale (oder transversale) Hauptaxe bezeichnet. Diese Bezeichnungen können nicht mit Vortheil beibehalten werden. Als Longitudinalaxe können wir nur die stachellose Hauptaxe bezeichnen, obwohl dieselbe hier, wie auch sonst oft, bedeutend kürzer, als die beiden idealen Kreuzaxen ist.

wird die Grundform des Körpers durch 3 auf einander senkrechte ungleiche, aber gleichpolige Axen bestimmt, die stachellose Hauptaxe und die beiden mit verschiedenen Stachelradien versehenen radialen Kreuzaxen. Wenn wir die Pole dieser 3 ungleichen Axen, die sich alle gegenseitig unter rechten Winkeln halbiren, durch Linien verbinden und dann durch je 2 benachbarte Linien Ebenen lagen, so erhalten wir die stereometrisch reine Form des Rhomben-Octaeders, die Grundform des rhombischen Krystallsystems. Wenn wir aber die Pole jener 3 Axen nicht unter einander, sondern mit den Spitzen der nächstliegenden Tropenstacheln durch grade Linien verbinden und durch je 2 benachbarte Verbindungslinien Ebenen legen, so erhalten wir eine sechszehnseitige amphithecte Doppelpyramide (Taf. II, Fig. 27).

Es könnte demnach auch hier wieder zweifelhaft erscheinen, ob wir als die eigentliche Grundform jener Radiolarien eine amphithecte Doppelpyramide mit 8 Antimeren und 16 Seitenflächen, oder eine solche mit 4 Antimeren und 8 Seitenflächen (die specielle Art des Rhomben-Octaeders) zu betrachten haben. Auch in diesem Falle (wie oben im analogen Falle der Isostauren mit 20 Stachelradien), dürfte die letztere Auffassung mehr ansprechen, sobald man den realen Kreuzaxen, welche durch die beiden Meridianebenen der Tropenstacheln gehen, nur die Bedeutung von interradialen, nicht von radialen Kreuzaxen zugesteht. Unter den wenigen Pollenkörnern, welche die polypleure Allostauren-Form besitzen, sind besonders diejenigen einiger Labiaten hervorzuheben, welche sehr deutlich die zwölfseitige amphithecte Doppelpyramide ausgeprägt zeigen, z. B. von ***Satureja rupestris, Salvia glutinosa*** (Faf. II, Fig. 28).

Zweite Gattung der allostauren Stauraxonien.

Rhomben-Octaeder. Allostaura octopleura.

Stereometrische Grundform: Amphithecte Doppelpyramide mit acht Seiten.

Realer Typus: Stephanastrum (Taf. II, Fig. 29, 30).

Die achtseitigen amphithecten Doppelpyramiden, welche die specielle Form des Rhomben-Octaeders repräsentiren, verhalten sich zu den allgemeineren Formen, den polypleuren (mit mindestens zwölf und überhaupt mit 8+4n Seitenflächen), ganz ebenso, wie die octopleuren Isostauren zu den polypleuren. In beiden Fällen, bei den Isostauren, wie bei den Allostauren, liegt eine wesentliche Differenz der octopleuren und der polypleuren Formen darin, dass bei den octopleuren nur zwei radiale Kreuzaxen vorhanden sind, die sich unter rechten Winkeln schneiden und mit den beiden idealen Kreuzaxen zusammenfallen, während bei den polypleuren mehr als zwei radiale (oder semiradiale) Kreuzaxen existiren, die sich unter spitzen Winkeln schneiden.

Wie die Organismen, welche zu den octopleuren Isostauren gehören, in der Grundform nicht von den Krystallen des quadratischen

Systems, so sind diejenigen, welche den octopleuren Allostauren zuzurechnen sind, nicht von den Krystallen des rhombischen Systems verschieden. Es sind daher die Organismen, deren Grundform das Rhomben-Octaeder der letzteren ist, von besonderem Interesse. Wir finden das Rhomben-Octaeder als organische Grundform vor Allen bei sehr zahlreichen Diatomeen, sodann bei vielen Pollen-Zellen (z. B. bei dem Pollen von *Beloperone oblongata, Barleria longifolia)* und endlich bei sehr zahlreichen Desmidiaceen (z. B. *Euastrum*, Taf. II. Fig. 29). In ausgezeichneter Weise finden wir das rhombische Krystallsystem ferner bei mehreren Radiolarien ausgebildet. Von diesen zeichnen sich die meisten hierher gehörigen Formen wiederum durch sehr starke Verkürzung der Hauptaxe aus, so dass von den drei auf einander senkrechten bestimmten Axen die Hauptaxe (Längsaxe) die kürzeste, die dorsoventrale Kreuzaxe (Dickenaxe) die längste ist und die laterale Kreuzaxe (Breitenaxe) zwischen Beiden in der Mitte steht.

Von mehreren Acanthometriden und einigen Ommatiden (*Haliommatidium Mülleri, H. fenestratum*) ist so eben bereits nachgewiesen worden, dass ihre Grundform, strenggenommen, nicht die sechszehnseitige, sondern die achtseitige amphithecte Doppelpyramide ist. Die anderen Radiolarien, welche die Grundform des rhombischen Krystallsystems sehr rein und deutlich ausgeprägt besitzen, und welche grösstentheils den Familien der Ommatiden, Disciden und Sponguriden angehören, zeigen dieselbe theils mehr als reines Rhomben-Octaeder, theils als rhombische Säule (gerades Prisma mit rhombischen Grundflächen), theils als rectanguläre Säule (gerades Prisma mit rechteckigen Grundflächen).

Die rhombische Säule, ein vierseitiges Prisma, dessen Seitenflächen 4 congruente Rechtecke, die Grundflächen Rhomben sind, ist in höchst ausgezeichneter Weise in dem merkwürdigen *Stephanastrum rhombus* verkörpert, einem fossilen Discid aus dem Radiolarien-Mergel von Barbados, welches Ehrenberg in seiner Microgeologie (Taf. XXXVI, Fig. 33) abgebildet hat. In diesem zierlichen Organismus, einer der interessantesten Rhizopodengestalten, sind nicht allein die rectangulären Seitenflächen der rhombischen Säule, sondern auch die rechtwinkelig gekreuzten ungleichen Diagonalen ihrer rhombischen Grundflächen und sogar die beiden, durch diese Diagonalen zu legenden Kreuzebenen (welche mit den idealen zusammenfallen) durch schwammig-gekammerte Kieselbalken in stereometrisch reiner Form verkörpert. Die Aequatorialebene dieses Protisten liefert zugleich das geometrisch reine Bild der Aequatorialebene des Rhomben-Octaeders und ihrer Diagonalen (Vergl. Taf. II, Fig. 30, nebst Erklärung).

Die rectanguläre Säule, ein vierseitiges Prisma, dessen Seitenflächen ebenso wohl als die Grundflächen Rechtecke sind, also ein von 6 Rechtecken begrenzter Körper, in welchem je 2 gegenüberstehende Rechtecke congruent, je 2 anstossende ungleich sind, findet sich ebenfalls unter den Radiolarien in geometrisch reiner Form verkörpert, so in der merkwürdigen *Spongocyclia orthogona* (Rad. Taf. XXVIII, Fig. 3). Auch die seltsame

Tetrapyle octacantha, ein Ommatid, welchem Johannes Müller eine ganze Tafel seiner Radiolarien-Abhandlung gewidmet hat (Taf. II, Fig. 12, 13; Taf. III) zeigt dieselbe Grundform. Ueber *Spongocyclia elliptica* (Rad. Taf. XXVIII, Fig. 2) kann ebenso wohl die rectanguläre, als die rhombische Säule construirt werden.

Endlich sind die drei ungleichen gleichpoligen Axen, welche sich gegenseitig unter rechten Winkeln halbiren und welche den Character des rhombischen Krystallsystems bestimmen, auch in einigen Radiolarien vorhanden, welche scheinbar sehr eigenthümliche Formen bilden, so namentlich in ***Didymocyrtis*** und ***Ommatospyris*** (Rad. p. 439, p. 444; Taf. XXII, Fig. 14—16).

Zweite Familie der Stauraxonien.

Ungleichpolige Kreuzaxige. Heteropola.

Stereometrische Grundform: Pyramide (Taf. I).

Obgleich die im vorigen Abschnitt betrachteten homopolen Stauraxonien von hohem morphologischem Interesse sind wegen der unzweifelhaften Identität ihrer Grundform mit derjenigen zweier Krystallsysteme, so sind sie dennoch, gleich allen anderen im Vorhergehenden untersuchten Grundformen, bisher gar nicht oder doch fast gar nicht beachtet werden, weil sie gewöhnlich nur bei morphologischen Individuen niederster (erster und zweiter) Ordnung vorkommen, und weil sie als materielles Substrat von actuellen Bionten nur auf eine verhältnissmässig kleine Reihe von niederen Organismen, insbesondere Radiolarien, beschränkt sind. Die bisherigen Untersuchungen über die allgemeinen Grundformen der Organismen haben sich vielmehr ausschliesslich mit solchen Gestalten beschäftigt, welche der Formengruppe der heteropolen Stauraxonien angehören, die wir kurz die Heteropolen nennen wollen. Allerdings ist diese Formengruppe, zu deren Betrachtung wir jetzt übergehen, insofern von überwiegender Wichtigkeit, als sie die Grundformen für die actuellen Bionten aller höheren Thiere und Pflanzen liefert, und mithin auch die grössten und am meisten auffallenden Formen der ganzen Organismen-Welt. Indessen wird doch durch den Umstand, dass die Metameren und Personen fast sämmtlicher Wirbelthiere, Arthropoden, Würmer, Mollusken, Echinodermen und Coelenteraten, sowie fast aller Phanerogamen und höheren Cryptogamen der heteropolen Stauraxonform angehören, eine besondere Dignität dieser Grundform an sich noch keineswegs bedingt. Vielmehr hoffen wir durch die vorhergehenden Untersuchungen den Beweis geliefert zu haben, dass die bisher ganz vernachlässigten Grundformen der homopolen Stauraxonien, der Monaxonien, Polyaxonien u. s. w. für die allgemeine Morphologie von

mindestens eben so grosser Bedeutung sind, und es wird sich weiterhin auch zeigen, dass eine intensive Untersuchung dieser niederen und einfacheren Formen hier, wie überall, das Verständniss der höheren und complicirteren Verhältnisse wesentlich erleichtert und oft allein eröffnet. Gewiss dürfen wir die Thatsache nicht gering anschlagen, dass die Grundformen der grossen Mehrzahl aller morphologischen Individuen erster und zweiter Ordnung (Plastiden und Organe) den im Vorhergehenden untersuchten niederen und einfacheren Promorphen-Gruppen angehören. Sind ja doch alle Form-Individuen dritter und höherer Ordnung erst aus jenen aufgebaut. Aber selbst insofern müssen jene ein besonderes und ihnen bisher versagtes Interesse fordern, als es unter allen vorstehend aufgeführten Promorphen nur sehr wenige, vielleicht keine einzige giebt, welche nicht bei gewissen (wenn auch oft nur wenigen) Organismen-Arten das materielle Substrat für das actuelle Bion bildet.

Wenn wir in dieser Beziehung die Resultate unserer vorhergehenden Untersuchungen mit den bisher über die Grundformen der niederen Organismen, und namentlich der Rhizopoden, herrschenden Ansichten vergleichen, so kommen wir zu dem überraschenden Resultat, dass die Natur fast alle möglichen regelmässigen Grundformen, welche durch die verschiedene Zahl und Differenzirung der möglichen Form-Axen und ihrer Pole entstehen können, in den actuellen Bionten bestimmter organischer Species verkörpert hat, und dass gerade diejenigen Protisten-Gruppen die ausgesprochensten und regelmässigsten stereometrischen Grundformen in eben so grosser Reinheit als Mannichfaltigkeit zeigen, welche bisher unter dem negativen Collectivbegriff der „Gestaltlosen“ oder Amorphozoen zusammengefasst wurden. Dieser Collectivgruppe stellte man bisher allgemein nur zwei andere Grundformgruppen gegenüber, die der regulären oder Strahlformen und die der symmetrischen oder Bilateralformen. Als Radiaten oder reguläre Thiere fassten die Zoologen gewöhnlich alle Coelenteraten und Echinodermen zusammen, als Bilateralien oder symmetrische Thiere dagegen die Würmer, Glieder-, Weich- und Wirbelthiere. Ebenso unterschieden die Botaniker allgemein nur „regelmässige (radiale) Formen, die sich mit vielen Schnitten durch eine angenommene Axe in zwei gleiche Theile theilen lassen und symmetrische (bilaterale), die nur durch einen einzigen Schnitt in zwei gleiche Theile (die sich dann wie rechte und linke Hand verhalten) getheilt werden können“ (Schleiden). Alle diese regulären und symmetrischen Formen zusammen, welche bisher fast allgemein für die beiden einzigen unterscheidbaren Grundformen der Organismen gehalten wurden, bilden unsere Formengruppe der heteropolen Stauraxonien.

Der einzige Naturforscher, welcher neuerdings den ernstlichen

Versuch gemacht hat, die Thierformen auf geometrische Gestalten zurückzuführen, Bronn, hat für die Grundform der regulären oder radialen Thiere und der meisten Pflanzen das Ei oder den Kegel (Ooid oder Conoid, auch Actinioid), also unsere diplopole Monaxonform, erklärt, für die Grundform der symmetrischen oder bilateralen Thiere eine besondere Art des Keiles oder einen Halbkeil (Sphenoid, Hemisphenoid). Wir werden im Folgenden den Nachweis liefern (und haben ihn zum Theil schon oben geliefert), dass die gemeinsame Grundform beider Hauptgruppen die einfache Pyramide ist, und zwar lässt sich als die Grundform der wirklich regulären Strahlformen die reguläre Pyramide, als die Grundform der irregulären Strahlformen und der sämmtlichen bilateral-symmetrischen Formen theils die ganze, theils die halbe amphithecte Pyramide näher definiren.

Die allgemeinen Eigenschaften der Pyramide sind aus der Stereometrie bekannt. Sie ist ein Polyeder, welches über einem Vieleck als Grundfläche (Basis) von lauter Dreiecken als Seitenflächen (Pleura) dergestalt umschlossen wird, dass dieselben in einem einzigen Punkte, der Spitze (Apex), zusammenlaufen. Für die nachfolgenden Betrachtungen ist es in mancher Hinsicht bequemer und anschaulicher, statt der ganzen Pyramide als die allgemeine Grundform der heteropolen Stauraxonien die abgestumpfte Pyramide aufzustellen, d. h. eine Pyramide, deren Spitzentheil durch eine Ebene abgeschnitten ist, die der Basis parallel läuft. Da jedoch durch die Pyramidenform wesentlich nur die Differenzirung mehrerer Kreuzaxen und die Verschiedenheit beider Pole der Hauptaxe des Körpers ausgedrückt werden soll, so ist es für die nachfolgenden Untersuchungen ganz gleichgültig, ob wir unter Apex oder Apicalfläche die wirkliche Spitze der ganzen Pyramide oder die Schnittfläche der abgestumpften Pyramide (die der Basis parallele Ebene des abstumpfenden Schnittes) verstehen. Wir werden diesen letzteren Theil, die Apicalfläche oder den Apex ein für allemal als die Gegenmundseite (Area aboralis, Antistomium), die Grundfläche oder Basis der Pyramide dagegen als die Mundseite (Area oralis, Peristomium) betrachten, und ferner die Axe der Pyramide oder das von der Spitze auf die Grundfläche gefällte Loth als die Hauptaxe oder Längsaxe (Axis longitudinalis, Axon principalis) des Körpers ansehen.

Die Zahl der Seitenflächen der Pyramide ist gleich de[illegible] Zahl der Antimeren, aus denen der Körper der heterop[illegible] Stauraxonien zusammengesetzt ist, und diese homotypi[illegible] Grundzahl ist wieder gleich der Zahl der Kreuz[illegible] welche sich in der Mitte begegnen. Wenn die homot[illegible] Grundzahl gerade ist (2n), wie bei den Coelenteraten, bei d[illegible] zähligen Blüthensprossen der Phanerogamen, so ist die Hä[illegible]

Kreuzaxen (n) radial, die Hälfte (n) interradial. Wenn dagegen die homotypische Grundzahl ungerade ist (2n—1), wie bei den Echinodermen, bei den dreizähligen und fünfzähligen Blüthensprossen der Phanerogamen, so sind sämmtliche Kreuzaxen (2n—1) zur Hälfte radial, zur Hälfte interradial. Diesen drei Arten der Kreuzaxen entsprechen die drei Arten der Meridianebenen, welche man durch die Kreuzaxen und die Hauptaxen legen kann; die radialen, interradialen und semiradialen Kreuzebenen, die wir bereits oben erläutert haben (p. 432). Dort ist auch die Construction der Kreuzaxen bereits ausgeführt; die Strahlaxe (Radius) erhalten wir einfach dadurch, dass wir in der Medianebene eines Antimeres, die Zwischenstrahlaxe (Interradius) dadurch, dass wir in der Grenzebene zweier Antimeren ein Perpendikel auf der Hauptaxe in deren Halbirungspunkt errichten. Die Halbstrahlaxe (Semiradius) wird aus einem Radius und dem gegenüber liegenden Interradius gebildet. Die Mittellinien der Antimeren sind bei den heteropolen Stauraxonien, wie bei den homopolen, scharf durch die Pyramidenkanten bezeichnet; die Grenzlinien der Antimeren dagegen liegen in den Seitenflächen der Pyramide. Als Strahlfläche (Area radialis) lässt sich bei vielen heteropolen Stauraxonien ein bestimmter Theil zweier zusammenstossender Pyramidenseiten (beiderseits der Kante) bezeichnen (z. B. die Ambulacra petaloidea der Echinodermen, die Blumenblätter (Petala) der polypetalen Phanerogamen). Ihr steht gegenüber die Zwischenstrahlfläche (Area interradialis), welche den Raum zwischen je zwei Strahlflächen (in einer Pyramidenseite) ausfüllt (z. B. die Interambulacra der Echinodermen, die mit den Blumenblättern alternirenden Kelchblätter (Sepala) und Staubblätter (Antheren) der polypetalen Phanerogamen).

Wenn wir demnach bei der besonderen praktischen Wichtigkeit der heteropolen Stauraxonform sämmtliche allgemein unterscheidbaren Körpertheile ihrer stereometrischen Grundform, der Pyramide (und zwar am anschaulichsten der abgestumpften Pyramide) als solcher nochmals zusammenfassen und mit bestimmten Ausdrücken scharf bezeichnen, so ergiebt sich folgende Uebersicht:

I. Der Körper aller heteropolen Stauraxonien wird begrenzt von 4+n Flächen, welche den Flächen einer einfachen, geraden, abgestumpften Pyramide entsprechen, nämlich: 1) der Oralfläche oder Peristomseite (Basis der Pyramide); 2) der Aboralfläche oder Antistomseite (der Basis parallele Schnittfläche der abgestumpften Pyramide oder Apicalfläche); 3) 2+n Seitenflächen (Paralleltrapezen der abgestumpften Pyramide). An jeder Seitenfläche kann ein mittlerer interradialer und zwei seitliche radiale Theile unterschieden werden.
II. Die Antimeren sind allgemein vierseitige (abgestutzte) Pyramiden,

welche sämmtlich eine Kante (die Hauptaxe) gemein haben. Jedes der Antimeren wird begrenzt von sechs Flächen, nämlich: 1) dem zwischen zwei Interradialebenen befindlichen Stück der Peristomseite; 2) dem entsprechenden Stück der Antistomseite; 3) und 4) einer Area radialis und zwei halben, die letztere beiderseits begrenzenden Areae interradiales (also einer Kante und den dieselbe einschliessenden zwei halben Seiten der ganzen Pyramide); 5) und 6) zwei benachbarten halben Interradialebenen. Die Medianebene des Antimeres ist die zwischen letzteren liegende halbe Radialebene. III. Im Inneren der Pyramide haben wir zur Orientirung folgende Linien; 1) die Hauptaxe (Längsaxe, Axon), welche die Mitte des Apex mit der Mitte der Basis verbindet; 2) den Basalpol derselben (Peristompol); 3) den Apicalpol derselben (Antistompol); 4) die realen Kreuzaxen (Stauri), welche vom Halbirungspunkt der Hauptaxe, auf der sie senkrecht stehen, ausgehen und entweder a) radial, oder b) interradial, oder c) semiradial sind, je nachdem entweder a) beide Pole der realen Kreuzaxe auf die Mittellinie eines Antimeres (Pyramidenkante), oder b) beide Pole auf die Grenzlinie zweier Antimeren (Pyramidenseite) treffen, oder endlich c) der eine Pol auf eine Mittellinie, der andere auf eine Grenzlinie trifft; 5) die (realen) Kreuzebenen, welche durch die Hauptaxe und jede der Kreuzaxen gelegt werden und demgemäss auch entweder a) radial, oder b) interradial, oder c) semiradial sind; 6) die Aequatorialebene, in welcher die sämmtlichen Kreuzaxen liegen und welche demgemäss die senkrecht auf ihr stehende Hauptaxe halbirt. Sie läuft parallel der Basis und theilt den ganzen Körper in ein orales oder Peristomstück und ein aborales oder Antistomstück.

Der Zerfall der Pyramidenformen oder heteropolen Stauraxonien in zwei Hauptgruppen von Grundformen wird durch dasselbe maassgebende Verhältniss, wie bei den Doppelpyramiden der homopolen Stauraxonien, bedingt, nämlich durch die Gleichheit oder Ungleichheit der radialen oder semiradialen Kreuzaxen. Bei den Homostauren sind sämmtliche radiale oder semiradiale Kreuzaxen gleich, während bei den Heterostauren entweder alle oder ein Theil derselben verschieden sind. Die Grundform der ersteren ist daher die reguläre Pyramide, diejenige der letzteren die irreguläre, und zwar meistens die amphithecte Pyramide, bald die ganze, bald die halbe. Wie wir die heteropolen Stauraxonien aus den homopolen einfach dadurch ableiten können, dass wir die letzteren durch einen in der Aequatorialebene liegenden Schnitt halbiren, so gilt dasselbe auch von den entsprechenden beiden Hauptabtheilungen der beiden Gruppen. In der That sind die isostauren Homopolen (als reguläre Doppelpyramiden) nichts Anderes als zwei congruente, mit den Basen vereinigte homostaure Heteropolen (reguläre Pyramiden) und ebenso kann man die allostauren Homopolen

(als amphithecte Doppelpyramiden) ansehen als eine Zwillingsform von zwei congruenten heterostauren Heteropolen; doch ist der letztere Vergleich dahin näher zu bestimmen, dass bloss die Grundform der autopolen Heterostauren eine ganze, diejenige der allopolen dagegen eine halbe amphithecte Pyramide ist; wir müssten daher die ersteren nochmals halbiren, um aus ihnen die Grundform der letzteren zu erhalten. Der Parallelismus der beiden Hauptabtheilungen in beiden Formgruppen spricht sich weiterhin namentlich auch darin aus, dass bei den Heterostauren (Heteropolen) wie bei den Allostauren (Homopolen) durch die Differenzirung der realen Kreuzaxen zugleich auch die beiden idealen Kreuzaxen (dorsoventrale und laterale), bestimmt werden, während diese bei den Homostauren (Heteropolen) noch nicht differenzirt, und so wenig als bei den Isostauren (Homopolen) irgendwie zu bestimmen sind.

Unsere Homostauren entsprechen den gewöhnlich sogenannten „regulären Strahlthieren“, also absolut regulären Radiaten mit congruenten Antimeren, z. B. den meisten Medusen, Anthozoen, Asteriden etc. Dagegen umfassen unsere Heterostauren theils die überwiegende Mehrheit der sogenannten „bilateral-symmetrischen“ Thiere (mit Ausschluss der Allostauren), theils die sogenannten „irregulären oder symmetrischen Strahlthiere“ (z. B. die Spatangiden, Zaphrentinen), theils endlich die sogenannten „zweistrahligen Thiere“ (Ctenophoren und Verwandte).

Wie im Thierreiche, so gehört auch im Pflanzenreiche die grosse Mehrzahl aller Form-Individuen dritter und fünfter Ordnung (Antimeren und Personen) der heteropolen Stauraxon-Form an. Die meisten Phanerogamen-Personen, sowohl die geschlechtlich differenzirten (Blüthensprosse) als die geschlechtslosen (Blattsprosse), ebenso die meisten Thier-Personen lassen sich ohne Schwierigkeit auf die Grundform der Pyramide reduciren. Dasselbe gilt von den meisten Antimeren, welche diese Personen zusammensetzen. Dagegen ist die heteropole Stauraxonform weniger verbreitet unter den Form-Individuen vierter und sechster, und am wenigsten unter denen erster und zweiter Ordnung. Daher ist sie auch unter den Protisten selten.

Die Erkenntniss, dass in der That die Pyramide als die stereometrische Grundform aller Heteropolen betrachtet werden muss, und dass demgemäss die überwiegende Mehrzahl aller thierischen und pflanzlichen Personen und Antimeren sich auf eine Pyramide als gemeinsame Promorphe zurückführen lässt, ist eben so wichtig, als sie in vielen Fällen schwer zu gewinnen, und daher auch bis jetzt allgemein nicht gewonnen ist. Verhältnissmässig am leichtesten und sichersten gelangt man zu dieser werthvollen Ueberzeugung, welche die schwierigsten Formverhältnisse erklärt, durch die promorphologische

Untersuchung der Strahlthier-Personen, sowohl der Echinodermen als der Coelenteraten. Und doch ist selbst hier den trefflichsten Morphologen die pyramidale Grundform verborgen geblieben.

Nichts ist vielleicht in dieser Beziehung bezeichnender, als die kritische Betrachtung der andauernden Bemühungen des grossen Johannes Müller, die Grundformen und die Homologieen der Echinodermen zu verstehen. Trotz seiner unübertroffenen Kenntniss dieser ebenso interessanten als schwierigen Thiergruppe, trotz seiner extensiv und intensiv bewundernswürdigen Anstrengungen, das morphologische Verständniss derselben zu begründen, und eine wahre „Philosophie der Echinodermen" zu gewinnen, gelang es ihm dennoch nicht, den Schlüssel zur Lösung des Räthsels zu finden. Dieser Schlüssel liegt eben in der Erkenntniss, dass die Grundform der regulären Echinodermen eine fünfseitige reguläre Pyramide, diejenige der „bilateral-symmetrischen" Echinodermen dagegen die Hälfte einer zehnseitigen amphithecten Pyramide ist.[1]) Sobald man von dieser Erkenntniss ausgeht, so lösen sich die schwierigen Homologieen der Echinodermen in einer ebenso klaren als überraschend einfachen Weise, wie wir an einem anderen Orte ausführlich zeigen werden.

Das Wichtigste und Erste muss auch hier, wie bei allen promorphologischen Untersuchungen, die Erkenntniss der maassgebenden Axen und ihrer Pole sein, und dann die Untersuchung der Differenzirungs-Verhältnisse zwischen den verschiedenen Axen und ihren Polen, woraus sich dann die Construction der Pyramiden-Seiten von selbst ergiebt. Nichts ist aber gefährlicher und weniger erspriesslich, als von der Oberflächen-Betrachtung auszugehen und diese, ohne Rücksicht auf die Axen und ihre Pole, zur Basis der promorphologischen Reduction zu machen. Sucht man die Grundform von Personen oder Metameren (Form-Individuen fünfter oder vierter Ordnung) auf, so ist zunächst das Wichtigste die Erkenntniss ihrer Zusammensetzung aus Antimeren, und dann deren Differenzirung. Ist dagegen ein Antimer selbst das promorphologische Object, so müssen zunächst die Epimeren und Parameren, welche dasselbe constituiren, erkannt werden. Das letztere gilt auch, wenn es sich um Form-Individuen zweiter und erster Ordnung (Organe und Plastiden) handelt.

---

[1]) Johannes Müller stellte statt der fünfseitigen regulären Pyramide, die er nicht erkannte, als Grundform der Echinodermen eine Kugel mit einer bestimmten Axe auf, deren beide Pole (Mundpol und Apical-Pol) verschieden sind, und von deren Mundpol fünf Radien ausstrahlen, die als mehr oder minder vollständige Meridiane zum Apical-Pol verlaufen. Eine solche „Kugel" ist aber in der That nichts Anderes als eine fünfseitige reguläre Pyramide, und die fünf „Meridiane" oder Oberflächen-Radien (Ambulacra) sind die fünf Kanten der Pyramide.

Ebenso klar und deutlich, wie bei den Personen der meisten Echinodermen und Coelenteraten, ist die Pyramide als heteropole Stauraxon-Grundform bei den meisten Geschlechts-Personen (Blüthen-Sprossen) der Phanerogamen ausgeprägt, und durch die Zahl der „Glieder der Blüthenblattkreise" (d. h. der Antimeren) leicht zu bestimmen. Viel schwieriger ist dagegen diese Erkenntniss bei den geschlechtslosen Personen der Phanerogamen, den Blattknospen. Wenn hier der Stengel deutlich dreikantig oder vierkantig ist, oder wenn die Blätter deutlich in drei oder vier Meridianebenen (Kreuzebenen) über einander stehen, z. B. bei regelmässig gegenständigen, wechselständigen und kreuzständigen Blättern, so lässt sich auch hier leicht die Zusammensetzung aus drei oder vier Antimeren nachweisen. Es ist dies aber sehr häufig nicht der Fall, indem die einzelnen Blattkreise an den verlängerten Stengelgliedern des Blattsprosses nicht, wie bei den Blüthensprossen mit verkürzten Stengelgliedern, so über einander stehen, dass die entsprechenden Blätter in Meridianebenen fallen, sondern vielmehr Spiralen bilden.[1]) In diesen Fällen sind die Kreuzaxen, welche dort durch die einzelnen Blätter der geschlossenen Blattkreise bezeichnet werden, oft sehr schwer wahrzunehmen. Vielleicht werden dieselben in manchen Fällen durch die Zahl der Markstrahlen und der mit ihnen alternirenden Gefässbündel des Stengels bestimmt, welche bei vielen Phanerogamen den Stengel sehr regelmässig in Antimeren zu zerlegen scheinen; deren finden sich z. B. bei *Clematis* sechs, bei Sapindaceen fünf, bei Bignoniaceen vier vor. Es würde also der Spross im ersten Falle als eine sechsseitige, im zweiten als eine fünfseitige, im dritten als eine vierseitige reguläre Pyramide zu betrachten sein.

Erste Unterfamilie der heteropolen Stauraxonien.

Ungleichpolige Gleichkreuzaxige. Homostaura.

(Strahlformen, reguläre Formen der meisten Autoren.)

Stereometrische Grundform: Reguläre Pyramide (Taf. I, Fig. 1, 4, 6, 9).

Die wichtige Formengruppe der homostauren heteropolen Stauraxonien, welche wir ein für alle Mal kurz die Homostauren nennen wollen, umfasst die überwiegende Mehrzahl der sogenannten „Strahl-

---

[1]) Gewöhnlich wird für alle Blattstellungen der Phanerogamen die Spirale als das Ursprüngliche angesehen und die geschlossenen Blattkreise als ringförmig zusammengezogene einzelne Umläufe der Spirale. Indessen dürfte die Entwickelungsgeschichte vielleicht umgekehrt zeigen, dass die geschlossenen Blattkreise das primäre und die Spiralen das secundär daraus abgeleitete Verhältniss darstellen, wie es bei sehr vielen Blüthensprossen deutlich zu sehen ist.

formen oder regulären Formen“ in dem Sinne wenigstens, in welchem die meisten Morphologen diesen vieldeutigen unh vielfach missbrauchten Ausdruck verstehen. Die reguläre einfache Pyramide, welche die stereometrische Grundform aller Homostauren ist, bildet mehr oder minder rein ausgesprochen die Promorphe vorzüglich in den Form-Individuen fünfter Ordnung, den Personen (Sprossen), bei der Mehrzahl der sogenannten „Strahlthiere“ und der Phanerogamen. Es gehört hierher also die Majorität der Personen unter den sogenannten „Strahlthieren“ oder Radiaten, nämlich der bei weitem grösste Theil aller Coelenteraten, und ein sehr grosser Theil der Echinodermen. Jedoch können nur die streng „regulären“ Strahlthiere hierher gerechnet werden. Daher sind ausgeschlossen und zu den Heterostauren zu stellen die sogenannten „irregulären“ oder bilateral-symmetrischen Echinodermen, und von den Coelenteraten alle Ctenophoren, der grösste Theil der Siphonophoren und ein kleiner Theil der Anthozoen und Hydromedusen. Aus dem Protistenreiche gehört hierher ein Theil der Strahlrhizopoden oder Radiolarien, sowie viele einzelne Formen aus anderen Stämmen. Aus dem Pflanzenreiche endlich müssen wir wohl die Mehrzahl der Sprosse (Personen) der Phanerogamen und viele Cryptogamen-Formen zu den Homostauren rechnen, obwohl hier sehr häufig eine scheinbar homostaure Stauraxonform sich bei genauerer Untersuchung als heterostaure ausweist.

Die allgemeinen Eigenschaften der regulären Pyramide sind aus der Stereometrie so bekannt und auch zum Theil schon im Vorhergehenden speciell erörtert, dass wir hier nur die wichtigsten Eigenthümlichkeiten dieser Grundform mit Bezug auf ihre Construction im Thier- und Pflanzen-Organismus kurz zu wiederholen brauchen und die Art ihrer Anwendung zu bestimmen haben. Als die Basis oder Grundfläche (Area basalis) der regulären Pyramide, welche hier stets ein reguläres Polygon bildet, haben wir bei den homostauren Thier-Formen die Mundseite oder Peristomfläche des Körpers (Area oralis, Peristomium) zu betrachten, bei den regulären Echinodermen und Coelenteraten also diejenige Seite, in welcher sich der Mund, bei den homostauren Radiolarien (Cyrtiden) diejenige Seite, in welcher sich die Mündung des Kieselgehäuses befindet. Bei den Phanerogamen-Blüthen entspricht der Pyramiden-Basis ebenfalls die Mündung der Blüthe, die meist glockenartig geöffnet ist, bei den Frucht-Individuen der Cryptogamen (z. B. Mooskapseln) die Mündung der Frucht, aus der die Sporen hervortreten. Bei den Sprossen (Personen) aller Pflanzen überhaupt werden wir also stets den freien terminalen Pol (Vegetationsspitze), beim Stock mithin das der Wurzel entgegengesetzte Ende als basale oder orale Seite (Peristomium) zu betrachten haben. Als der Apex oder die Spitzenfläche (Area

apicalis) dagegen, d. h. als die Spitze der ganzen oder die (der Basis parallele) Schnittfläche der abgestumpften regulären Pyramide stellt sich bei den homostauren Thier-Formen die der Mundseite entgegengesetzte Körperseite dar, welche wir allgemein als Gegenmundseite oder Antistomfläche (Area aboralis, Antistomium) bezeichnet haben; bei den homostauren Radiolarien (Cyrtiden) ist dies die Spitze des Gehäuses, bei den Echinodermen der sogenannte Scheitel oder das Apicalfeld, in welchem häufig der After liegt; bei den festsitzenden Coelenteraten ist es die angewachsene Körperfläche, bei den frei schwimmenden die fast immer nach oben gekehrte gewölbte Scheitelfläche, die in der Regel fälschlich Rücken genannt wird. Bei denjenigen Phanerogamen-Blüthen und Cryptogamen-Sporangien, welche die reguläre Pyramide zur Grundform haben, ist es allgemein die angewachsene oder mittelst eines Stieles festsitzende Seite, welche der Mündung gegenüber liegt und der Aboralfläche oder dem Apex entspricht. Bei den Sprossen (Personen) der Pflanzen überhaupt werden wir demnach stets den festsitzenden Pol des Axenorgans als apicale oder aborale Seite (Pyramidenspitze) zu betrachten haben, beim einfachen Spross und beim Hauptspross der Stöcke die Wurzel, bei den Seitensprossen das Ende, welches am Hauptspross befestigt ist. (Ueber die Pyramiden-Basis vergl. Taf. I, Fig. 1, 4, 6, 9).

Durch die Zahl der Seiten des regulären Polygons, welches die Basis bildet, oder durch die gleiche Zahl der Seitenflächen der regulären Pyramide wird die homotypische Grundzahl der Homostauren bestimmt, welche drei oder mehr sein kann. Die Seitenflächen sind sämmtlich congruente gleichschenkelige Dreiecke. Die Kreuzaxen sind entweder (bei ungerader Grundzahl) sämmtlich gleich (semiradiale) oder (bei gerader Grundzahl) alternirend gleich (radiale und interradiale). Wenn wir als Grundform die abgestumpfte reguläre Pyramide annehmen, so ist die Hauptaxe (in der Geometrie einfach die „Axe" der regulären Pyramide genannt) die Linie, welche die Mittelpunkte der basalen und apicalen Ebene verbindet; wenn wir dagegen als Grundform die ganze reguläre Pyramide betrachten, so ist die Hauptaxe das Perpendikel, welches von der Spitze auf die Grundfläche gefällt wird und in deren Mittelpunkt trifft. Die Antimeren sind im ersteren Falle abgestumpfte, im letzteren ganze vierseitige Pyramiden, deren Basis ein Trapez ist, das durch jede der beiden Diagonalen in zwei ungleiche gleichschenkelige Dreiecke zerlegt wird. Die Kanten der regulären Pyramide sehen wir ein für alle Mal als die Mittellinien der Antimeren-Oberfläche an, als welche sie in der That bei den meisten hierher gehörigen Thier- und Pflanzenformen vorspringen. Die Grenzlinien der Antimeren-Oberfläche dagegen entsprechen den Mittellinien, welche die Seitenflächen der

regulären Pyramide halbiren und in zwei congruente rechtwinkelige Dreiecke zerlegen.

Die Formengruppe der Homostauren zerfällt in so viele Formen-Arten, als die Zahl der Pyramiden-Seiten (und also die homotypische Grundzahl) betragen kann. Diese Zahl ist zwar a priori unbegränzt, in der That aber findet sich nur eine sehr geringe Menge von Grundzahlen in der Natur verwirklicht vor. Bei der übergrossen Mehrzahl aller Homostauren, sowohl im Thier- als im Pflanzenreich, sind nur drei, vier, fünf oder ein niederes Multiplum, meist nur das Doppelte dieser Grundzahlen, namentlich sechs und acht, seltener zehn Antimeren vorhanden. Weit seltener, und nur ausnahmsweise, ist eine andere Grundzahl nachweisbar, z. B. sieben bei einigen Phanerogamen *(Trientalis, Septas)*, elf bei einigen Seesternen. In diesen Fällen ist aber meistens entweder die Grundzahl innerhalb der Species schwankend, wie bei einigen Seesternen, oder es lässt sich, wie bei einigen Phanerogamen, aus der Entwickelungsgeschichte oder der Verwandtschaft mit nächststehenden Blüthen von anderer Grundzahl (meistens fünf) der Nachweis führen, dass die Siebenzahl oder die andere Zahl, welche nicht auf drei, vier oder fünf durch Division zurückführbar ist, nicht die primitive Grundzahl, sondern erst secundär durch Variation und Anpassung aus den letztgenannten entstanden ist. Wo scheinbar höhere Grundzahlen vorkommen, lassen sie sich entweder aus dem letztgenannten Verhältnisse, oder aus einer Multiplication von drei, vier oder fünf ableiten. Wir dürfen es daher als ein wichtiges Gesetz der allgemeinen Promorphologie aussprechen, dass die homotypische Grundzahl oder die Antimeren-Zahl der Homostauren (die Seitenzahl der regulären Pyramide) stets drei, vier oder fünf, oder ein Multiplum (meist nur das Duplum) von diesen drei Grundzahlen beträgt, und dass, wo andere Primzahlen als Grundzahlen vorkommen, wie die Sieben bei *Septas, Trientalis* etc. der Nachweis entweder der Inconstanz dieser Grundzahl, oder aber ihrer secundären Entstehung durch Abortus aus einer jener drei Grundzahlen fast immer geführt werden kann.

Bei sehr vielen Homostauren, wo die Antimeren-Zahl ein Multiplum von drei, vier oder fünf zu sein scheint, lässt sich aus der Entwickelungsgeschichte oder aus der Zahl einzelner (namentlich innerer) Organe der Nachweis führen, dass doch die ursprüngliche Grundzahl, die einfache, drei, vier oder fünf ist, und dass erst später eine Multiplication derselben (meistens nur eine Duplication) eingetreten ist. Dies ist z. B. der Fall bei sehr vielen Phanerogamen-Blüthen, wo häufig in einer und derselben Blüthe ein Blätterkreis die einfache Grundzahl zeigt, während andere Blätterkreise derselben ein verschiedenes Multiplum dieser Zahl repräsentiren. So sind z. B.

bei *Butomus* sechs Kronenblätter, sechs Griffel, sechs Fruchtkapseln, aber 9 Staubfäden und drei Kelchblätter vorhanden. Bei *Paris* finden sich vier Kelchblätter, vier Kronenblätter, vier Griffel, vier Fruchtknoten und acht Staubfäden. Ebenso lassen sich von homostauren Thieren viele ähnliche Fälle anführen. Bei vielen Medusen sind vier Radialcanäle, vier Mundlappen, acht Randbläschen und zwölf oder vierundzwanzig, bisweilen auch achtzehn Tentakeln vorhanden. In allen diesen Fällen ist die niedrigste Zahl offenbar als Grundzahl und die Multipla derselben als secundäre Vervielfältigungen zu betrachten. Bei den sechszähligen polycyclischen Anthozoen lässt sich der Beweis dafür durch die Entwickelungsgeschichte führen, indem erst sechs, dann zwölf, vierundzwanzig u. s. w. Scheidewände und Leibesabtheilungen nach einander auftreten.

Wohl zu unterscheiden von diesen sind diejenigen Fälle, wo ein Multiplum von drei, vier oder fünf die ursprüngliche homotypische Grundzahl bildet, die entweder zeitlebens einfach bleibt oder ebenfalls wieder multiplicirt werden kann. Auch dieser Fall ist im Thier- und Pflanzen-Reiche sehr häufig. Wahrscheinlich ist es aber stets nur das Duplum, niemals das Triplum oder ein höheres Multiplum von drei, vier oder fünf, welches als ursprüngliche primitive Antimeren-Zahl auftritt. Sechs Antimeren finden sich schon in ursprünglicher Anlage bei den Madreporarien, acht bei den Alcyonarien, zehn bei einigen Radiolarien und Phanerogamen-Blüthen. Da hier schon die erste Anlage des Körpers als ein Aggregat von sechs, acht, zehn Antimeren erscheint, so können wir als homotypische Grundzahl hier nicht drei, vier, fünf, sondern nur das Duplum derselben ansehen.

Die Erkenntniss der homotypischen Grundzahl bei den Homostauren wird in vielen Fällen dadurch mehr oder minder erschwert, dass diese Zahl in verschiedenen Metameren einer Person (z. B. in verschiedenen Blattkreisen eines Sprosses) eine verschiedene zu sein scheint. Aeusserst häufig ist dieser Fall bei den phanerogamen Blüthen, wo nur in seltenen Fällen alle Blattkreise der Blüthe dieselbe Grundzahl zeigen, und wo namentlich die weiblichen Genitalien in der Regel von einer grösseren oder geringeren Reduction betroffen werden. Solche Fälle, wo die Zahl der Kelchblätter, der Blumenblätter, der Staubfäden, der Stengel, der Fruchtblätter ganz dieselbe ist, finden sich z. B. bei *Triplaris, Lechea* unter den dreizähligen, bei *Ilex*, *Potamogeton* unter den vierzähligen, bei *Linum*, *Crassula* unter den fünfzähligen Blüthen. In der Regel zeigt die Zahl der Kronen- und der Kelchblätter die homotypische Grundzahl am sichersten an, während die Zahl der weiblichen Genitalien (Stempel, Fruchtblätter) meistens vermindert, die Zahl der männlichen (Staubfäden)

dagegen umgekehrt multiplicirt ist. Ganz entgegengesetzt den homostauren Pflanzen verhalten sich in dieser Beziehung die homostauren Thiere, bei denen in der Regel in sämmtlichen Organkreisen dieselbe Grundzahl oder ein Multiplum derselben ausgeprägt ist. Zahl-Reductionen in einzelnen Kreisen sind hier seltene Ausnahmen und fast immer mit Uebergang der homostauren in die heterostaure Grundform verbunden. So finden sich z. B. bei den dreizähligen Cyrtiden einzelne, wo die Kieselschale aus drei, die Centralkapsel aus vier Antimeren besteht, während in der Regel auch die letztere drei Antimeren zeigt. Es ist von hohem Interesse, dass es auch bei den Thieren vorzugsweise die Genitalien sind, die zuerst von der Reduction betroffen werden, so dass sich z. B. unter den fünfzähligen Echinodermen bei den Holothurien nur ein einziges, bei vielen Seeigeln nur vier Geschlechtsorgane finden, während die übrigen Organkreise sämmtlich die Fünfzahl zeigen.

Angesichts der im Vorhergehenden erörterten Verhältnisse werden wir die verschiedenen Arten der Homostauren-Form, deren Anzahl durch die Anzahl der verschiedenen homotypischen Grundzahlen bedingt und demnach a priori unbeschränkt ist, in Wirklichkeit auf einige wenige Fälle zurückführen können. Von den vielen möglichen Grundzahlen werden nur drei, vier, fünf, sechs, acht, zehn als wirklich angewandte übrig bleiben, und als seltene Ausnahmen sieben und neun. Die seltenen Fälle, wo eine höhere Grundzahl sls zehn auftritt, werden wir zusammenfassen können, da in diesen Fällen die Grundzahl innerhalb der Species selbst eine schwankende ist.

Es lassen sich diese verschiedenen Arten der Homostauren-Form naturgemäss in zwei Formen-Gattungen gruppiren, solche nämlich mit mit gerader und solche mit ungerader Grundzahl. Es ist dieses Verhältniss, welches an sich unbedeutend erscheinen könnte, desshalb von grosser Bedeutung, weil mit der geraden oder ungeraden Antimeren-Zahl gewisse sehr wichtige Unterschiede in den Axen-Verhältnissen verbunden sind, die auf die Bildung der ganzen Gestalt den grössten Einfluss üben. Es mag hier vorläufig nur daran erinnert werden, dass die Homostauren mit ungerader Grundzahl, z. B. drei, fünf, weit häufiger und entschiedener in die Heterostauren-Form übergehen und sich differenziren, als die Homostauren mit gerader Grundzahl (z. B. vier, sechs). Unter den Thieren sind es die dreizähligen Radiolarien (Cyrtiden), die fünfzähligen Echinodermen (Psolus, Spatangus etc.) unter den Pflanzen die dreizähligen Gramineen und Orchideen, die fünfzähligen Leguminosen, Umbelliferen, Labiaten, Violaceen und viele Andere, welche eine Reihe der merkwürdigsten Uebergänge von der reinsten Homostaurie (radialen Regularität) zur vollkommensten Heterostaurie (bilateralen Symmetrie) sehr deutlich ausgeprägt zeigen.

Die Homostauren mit gerader Grundzahl (2n) nennen wir Isopolen, weil bei ihnen die beiden Pole jeder Kreuzaxe gleich sind; beide Pole treffen entweder auf die Mittellinie zweier gegenüber liegender Antimeren oder auf die Grenzlinie zweier gegenständiger Antimeren-Paare. Daher sind hier, wie schon oben ausgeführt wurde, zweierlei Kreuzaxen und Kreuzebenen vorhanden, die mit einander regelmässig abwechseln, n radiale und n interradiale. Jede radiale Kreuzebene ist die Medianebene zweier diametral gegenüberstehender Antimeren, deren jedes durch sie in zwei symmetrisch gleiche dreiseitige Pyramiden zerfällt. Jede interradiale Kreuzebene ist die Grenzebene von zwei congruenten Antimeren-Paaren. Am häufigsten von den hierher gehörenden homotypischen Grundzahlen ist vier, demnächst sechs, dann acht, sehr selten zehn oder mehr (10+2n).

Die Homostauren mit ungerader Grundzahl (2n—1) können wir im Gegensatz zu den Isopolen passend als Allopolen bezeichnen, weil bei ihnen die beiden Pole jeder Kreuzaxe ungleich sind; der eine Pol trifft auf die Mittellinie eines Antimers, der andere auf die Grenzlinie des gegenüber liegenden Antimeren-Paares. Daher sind hier alle (2n—1) Kreuzaxen und Kreuzebenen von einerlei Art, jede einzelne halb radial, halb interradial. Jede einzelne semiradiale Kreuzebene ist zur Hälfte die Medianebene eines Antimeres, zur Hälfte die Grenzebene des gegenüberliegenden Antimeren-Paares. Am häufigsten kommt hier als homotypische Grundzahl fünf vor, demnächst drei, sehr selten sieben, neun oder mehr (9+2n).

Erste Gattung der homostauren Stauraxonien:

Geradzahlige reguläre Pyramiden. Isopola.

Stereometrische Grundform: Reguläre Pyramide mit 2 n Seiten.

Die allgemeine Promorphe aller isopolen Homostauren ist die reguläre Pyramide mit gerader Seitenzahl, wie nach den vorausgehenden Erörterungen keines weiteren Beweises bedarf. Die characteristischen Axen-Verhältnisse dieser Formengattung lassen sich kurz dahin recapituliren, dass wenn die homotypische Grundzahl = 2n ist, n unter sich gleiche radiale Kreuzaxen (und Kreuzebenen) mit n davon verschiedenen, aber unter sich ebenfalls gleichen, interradialen Kreuzaxen (und Kreuzebenen) alterniren. Jedes der 2 n Antimeren ist eine (ganze oder abgestumpfte) rechtwinkelige vierseitige Pyramide, deren Basis ein doppelt gleichschenkeliges Trapez ist (ein Trapez, das durch die eine Diagonale in zwei gleichschenkelige ungleiche Dreiecke zerlegt wird). Von den vier Seitenflächen des Antimeres sind je zwei anstossende symmetrisch-congruent. Jede der vier

Seitenflächen enthält einen rechten Winkel. Die beiden äusseren Seitenflächen sind die Hälften zweier anstossender Seiten der regulären Pyramide; die beiden inneren Seitenflächen sind die Hälften von zwei benachbarten interradialen Kreuzebenen. Wir zerfällen die Formen-Gattung der isopolen Homostauren in fünf Formenspecies, je nachdem die Grundzahl vier, sechs, acht, zehn, oder mehr ($10 + 2n$) beträgt. Je geringer die Grundzahl, desto vollkommener ist im Allgemeinen die Organisation, desto höher die Stellung des Organismus.

Erste Art der isopolen Homostauren:

Geradzahlige Vielstrahler. Myriactinota.

Stereometrische Grundform: Reguläre Pyramide mit $10 + 2n$ *Seiten.*

Realer Typus: Aequorea.

Wir fassen unter dem Namen der Myriactinoten alle diejenigen isopolen Homostauren zusammen, deren gerade Grundzahl mehr als zehn, also mindestens zwölf, vierzehn, sechszehn u. s. w., allgemein $10 + 2n$, beträgt. Es rechtfertigt sich diese Zusammenstellung einerseits dadurch, dass mehr als zehn Antimeren bei Homostauren überhaupt selten sind, und dass auch da, wo sie vorkommen, die homotypische Grundzahl innerhalb der Species meistens schwankend und nur selten constant ist. Dazu kommt noch, dass in vielen dieser Fälle die einen Individuen der Species eine gerade, die anderen eine ungerade Antimeren-Zahl zeigen. Es findet also in der Myriactinoten- und Polyactinoten-Form eine unmittelbare Berührung der Isopolen- und Anisopolen-Form statt.

Aus dem Pflanzenreiche sind uns sichere Beispiele myriactinoter Formen nicht bekannt. Dagegen finden sich dieselben bei einer Anzahl von Seesternen, von niederen Hydromedusen und von Radiolarien aus der Cyrtiden-Familie. Von den letzteren ist namentlich das merkwürdige *Litharachnium tentorium* (Rad. Taf. IV, Fig. 7—10) mit zwanzig Antimeren zu nennen, welches die Grundform einer regulären zwanzigseitigen Pyramide mit ausgehöhlten Seitenflächen in zierlichster Ausführung zeigt. Unter den Seesternen findet sich die höchste Antimeren-Zahl bei *Asteracanthion helianthus* mit zwanzig bis dreissig und selbst mit vierzig Strahlen; an ihn schliesst sich *Echinaster solaris* mit vierzehn bis zwanzig (bisweilen aber auch mit einundzwanzig) Armen. Zwölf bis vierzehn Antimeren (oft aber auch nur zehn bis elf) finden sich bei *Solaster papposus*, zwölf bei *Asteracanthion aster*. Viel häufiger ist die isopole Polyactinoten-Form bei den niederen Hydromedusen, wo nicht allein viele Hydroidpolypen, sondern auch viele craspedote Medusen, namentlich aus den Familien der Aequo-

riden und Aeginiden, eine sehr hohe Antimerenzahl besitzen, die freilich meist inconstant ist und häufig innerhalb der Species mit ungeraden Zahlen wechselt. Die meisten Aequoriden haben eine sehr hohe Grundzahl (hundert oder einige hundert); bei *Rhegmatodes tenuis* finden sich dreissig, bei *R. floridanus* sechszehn bis vierundzwanzig, bei *Aequorea globosa* dreissig bis zweiunddreissig, bei *A. mucilaginosa* stets vierundzwanzig Antimeren. Die auffallendsten Zahlenverhältnisse bietet die am niedrigsten organisirte Medusen-Familie der Aeginiden, wo nur bei wenigen Arten die Grundzahl eine niedere und constante (meist acht) ist. Es beträgt die Antimeren-Zahl dreissig bei *Aegineta corona*, achtzehn bei *A. sol maris*, sechszehn bei *A. gemmifera*, *A. prolifera* u. v. a., ebenso sechszehn bei *Cunina rhododactyla*, *C. albescens* (vierzehn bis sechszehn), *C. complanata* u. A.; ferner vierzehn bei *Aegineta flavescens*, zwölf bei *A. rosea*, *A. dodecagona* und Anderen. Bei *Cunina Köllikeri* findet sich der merkwürdige Umstand, dass die eine Generation acht, die andere, welche im Magen der ersteren durch Knospung entsteht, zwölf Antimeren besitzt; ebenso hat *Cunina rubiginosa (Eurystoma rubiginosum)* zehn, seine Knospenbrut *(Stenogaster complanatus)* sechszehn Antimeren.

Zweite Art der isopolen Homostauren:

Zehnstrahler. Decactinota.

Stereometrische Grundform: Zehnseitige reguläre Pyramide.

Realer Typus: Aegineta globosa.

Die zehnseitige reguläre Pyramide, als die Grundform der isopolen Homostauren mit zehn Antimeren, ist im Ganzen sehr selten, und noch weniger als die Polyactinoten-Form, im Organismus ausgeführt. Die wenigen Repräsentanten der Decactinoten-Form gehören meistens der Hydromedusen-Klasse und namentlich der Aeginiden-Familie an, so die zuletzt erwähnte *Cunina rubiginosa*, ferner *C. globosa*, *C. laticentris* (zehn bis zwölf), *Aegineta globosa* und einige Andere. Bisweilen kommen auch unter den Seesternen mit variabler Antimeren-Zahl einzelne Exemplare mit zehn Strahlen vor, so bei *Solaster papposus*, *S. endeca* u. e. a.

Unter den phanerogamen Blüthen und Früchten sind uns keine unzweifelhaften Repräsentanten der Decactinoten-Form bekannt, da die allermeisten, und vielleicht alle scheinbar zehnstrahligen Formen, in der That fünfstrahlige sind, bei denen nur einer oder der andere Blätterkreis (namentlich die Staubfäden, seltener, bei *Phytolacca* z. B., auch die Staubwege) verdoppelt sind; dies gilt z. B. von den meisten Caryophyllinen und allen anderen Phanerogamen, welche Linné's Klasse der Decandria bilden.

Dritte Art der isopolen Homostauren:

Achtstrahler. Octactinota.

Stereometrische Grundform: Achtseitige reguläre Pyramide.

Realer Typus: Alcyonium (oder Mimusops).

Die Grundform der isopolen Homostauren mit acht Antimeren ist weit häufiger und constanter, als die Decactinoten-Form und ist namentlich als die gemeinsame Grundform aller Alcyonarien oder octactinien Polypen von Wichtigkeit. Diese formenreiche, von Bronn als Monocyclia octactinia bezeichnete Ordnung der Anthozoen, welche aus den drei grossen Familien der Alcyoniden, Gorgoniden und Pennatuliden zusammengesetzt ist, hat stets acht vollkommen gleiche Tentakeln, welche den Mund in einem einfachen regelmässigen Kreise umgeben, und acht denselben entsprechende Kammern der perigastrischen Höhle, welche durch acht gleiche und gleichweit von einander entfernte Septa getrennt sind. Hier ist also die Octactinoten-Form ganz rein überall ausgeprägt und nicht auf die Tetractinoten-Form zurückführbar. Alle acht Antimeren werden als solche getrennt angelegt, und sind von Anfang an einander gleichwerthig. Dasselbe gilt auch von einigen wenigen Medusen aus der Aeginiden-Familie, z. B. *Aegineta hemisphaerica, Cunina discoidalis*, auch von einigen Seesternen mit variabler Antimeren-Zahl, unter denen achtstrahlige Exemplare nicht selten sind, so von *Asteriscus australis, Solaster endeca* (acht bis zehn) und *Asteracanthion tenuispinus* (sechs bis acht Strahlen). Dagegen lassen sich zahlreiche Hydromedusen, die auf den ersten Blick aus acht Antimeren zusammengesetzt zu sein scheinen, auf die Grundform der Tetractinoten zurückführen und durch Duplication einzelner Organkreise aus diesen ableiten. Es geht dies schon daraus hervor, dass hier je zwei anstossende Antimeren nur symmetrisch-gleich und nur je zwei alternirende congruent sind, während bei den echten Octactinoten alle 8 Antimeren vollkommen congruent sein müssen. Diese Bemerkung gilt auch von den meisten, wenn nicht von allen phanerogamen Blüthen, die durch die Achtzahl der Staubfäden (Octandria) zu den Octactinoten zu gehören scheinen. Die meisten derselben lassen als ursprüngliche Grundzahl vier oder fünf nachweisen. Nur *Chlora* unter den Gentianeen, *Mimusops* unter den Sapotaceen, und einige wenige Andere dürften wirklich aus acht Antimeren zusammengesetzt sein. Bei den meisten regulären Blüthen mit acht Staubfäden sind nur vier Blumenblätter und vier Kelchblätter vorhanden, ursprünglich also offenbar nur vier Antimeren. Die scheinbaren acht Antimeren, durch den doppelten Antherenkreis angedeutet, sind in der That nur Parameren, von denen je zwei ein Antimer bilden.

Vierte Art der isopolen Homostauren:

Sechsstrahler. Hexactinota.

Stereometrische Grundform: Sechsseitige reguläre Pyramide.

Realer Typus: Carmarina (oder Achras). Taf. I, Fig. 1.

Die Grundform der regulären sechsseitigen Pyramide ist noch viel weiter als die der achtseitigen verbreitet. Es ist diese Grundform allgemein nachzuweisen bei der grossen Mehrzahl der Anthozoen (Polypen), nämlich bei den Antipatharien oder Antipathiden (Bronn's Monocyclia hexactinia), bei den Malacodermen (mit Ausschluss der Paranemata oder Cereanthiden, also bei den Actiniden im weiteren Sinne), endlich bei den allermeisten Sclerodermen (mit Ausschluss der Rugosen, also bei den Eporosen, Perforaten, Tubulosen und Tabulaten). Bei allen diesen Anthozoen ist die ursprüngliche einfache Antimeren-Zahl sechs; in einem späteren Lebensstadium wird sie (mit Ausnahme der stets einfach bleibenden Antipatharien) oft scheinbar (!) verdoppelt oder höher multiplicirt, indem zwischen die sechs primären Septa mehrere Systeme von secundären, tertiären etc. Septis eingeschaltet werden. Ausser den meisten Anthozoen ist die homotypische Sechszahl auch noch bei einigen anderen Coelenteraten ausgeprägt, nämlich bei den Carmariniden *(Carmarina, Geryonia, Leuckartia)* aus der Familie der Rüsselquallen, bei *Willia* aus der Familie der Oceaniden und bei einigen Aeginiden *(Aegineta paupercula)*. Endlich sind auch einige wenige Seestern-Arten (darunter mehrere, wie es scheint, constant) durch sechs Strahlen ausgezeichnet, so ***Asteracanthion gelatinosus**, A. polaris, Echinaster eridanella* u. e. a.

Von den phanerogamen Blüthen dürfte auf den ersten Blick die grosse Mehrzahl der Hexandria Linné's und ein grosser Theil anderer Monocotyledonen zu den Hexactinoten zu gehören scheinen. Indessen lehrt hier eine genauere Vergleichung, dass die eigentliche Antimeren-Zahl derselben drei ist. Nur einige wenige Dicotyledonen, namentlich *Achras, Canarina, Loranthus* (?), einige Arten von *Lythrum* und *Sedum* u. a. dürfen als echte Hexactinoten betrachtet werden, weil in allen Blattkreisen der Blüthe die Sechszahl wiederkehrt.

Fünfte Art der isopolen Homostauren:

Vierstrahler. Tetractinota.

Stereometrische Grundform: Vierseitige reguläre Pyramide oder Quadrat-Pyramide.

Realer Typus: Aurelia (oder Paris). Taf. I, Fig. 9.

Die Quadratpyramide oder das halbe gleichseitige Octaeder, die Grundform der isopolen Homostauren mit vier Antimeren, ist von den Formarten der isopolen Homostauren die am meisten verbreitete.

Es ist dies die Grundform der grossen Hydromedusen-Klasse, namentlich aller höheren Medusen (Acraspeden) und auch der meisten niederen (Craspedoten), von denen nur ein Theil der Siphonophoren-Ordnung, sowie die im Vorhergehenden einzeln aufgeführten Medusen, namentlich Aequoriden, Carmariniden und Aeginiden, ferner viele Hydroidpolypen, Ausnahmen bilden. Dann gehört auch noch ein anderer Theil der Coelenteraten hierher, nämlich die gewöhnlich zur Anthozoen-Klasse gestellten Calycozoen (Lucernarien) und Rugosen (Cystiphylliden, Stauriden, Cyathaxoniden und Cyathophylliden, letztere mit Ausnahme der Zaphrentinen), endlich auch die meist zu den Malacodermen-Polypen gestellten Paranemata (Cereanthiden).

Als sehr wichtig ist hier aber besonders hervorzuheben, dass auch schon unter den Würmern einzelne Formen vorkommen, die ebenso aus vier absolut congruenten Antimeren zusammengesetzt sind, wie die Medusen, und die desshalb streng genommen ebenfalls zu den Tetractinoten gerechnet werden müssen. Es sind dies diejenigen Bandwürmer, besonders aus der Gruppe der Tetraphyllideen (Phyllobothriden, Phyllacanthiden, Phyllorhynchiden) und auch die Scolex-Metameren vieler anderer Cestoden, bei denen nicht nur die vier Saugnäpfe oder Hakenrüssel, die den Peristompol gleich vertheilt umgeben, congruent sind, sondern auch der Excretionsapparat durch vier (oder acht) ganz gleiche Hauptstämme vertreten ist.

Unter den phanerogamen Blüthen ist die Tetractinoten-Form ebenfalls sehr weit verbreitet und es dürfte wohl die Mehrzahl der Dicotyledonen mit vierspaltigem oder vierblättrigem Kelche und mit vierspaltiger oder vierblättriger Blumenkrone hierher zu rechnen sein, mag nun die Staubfädenzahl vier (Tetrandria) oder acht (Octandria) betragen. Als Beispiele von sehr reiner Ausbildung der Tetractinoten-Form mögen hier *Paris quadrifolia, Epimedium, Erica* und verschiedene andere Ericeen, und aus der (gewöhnlich dreizähligen) Monocotyledonen-Gruppe die streng vierzählige *Aspidistra* angeführt werden. Unter den Cryptogamen scheint die vierseitige reguläre Pyramide die Grundform von sehr vielen Früchten zu sein, so z. B. von den Vierlingsfrüchten vieler Algen etc.

Die Aequatorialebene dieser Grundform ist das Quadrat. Die durch die Diagonalen des Quadrats bestimmten beiden radialen Kreuzebenen, welche sich rechtwinkelig schneiden, können den beiden Richtebenen der orthostauren Autopolen und insbesondere der Tetraphragmen verglichen werden, mit welchen letzteren diese einfachste Form der isopolen Homostauren durch vielfache Uebergänge allmählig verbunden ist. Sobald, wie es bei einigen Medusen *(Saphenia, Stomotoca)* geschieht, zwei gegenständige Antimeren sich durch Entwickelung irgend eines besonderen Organes vor den beiden mit ihnen

alternirenden auszeichnen, oder (wie bei den Cruciferen) durch mangelhaftere Entwickelung hinter letzteren zurückbleiben, so ist der Uebergang aus der Quadrat-Pyramide der Tetractinoten in die Rhomben-Pyramide der Tetraphragmen bewerkstelligt.

Zweite Gattung der homostauren Stauraxonien:

Ungeradzahlige reguläre Pyramiden. Anisopola.

Stereometrische Grundform: Reguläre Pyramide mit $2n-1$ Seiten.

Die Grundform der anisopolen Homostauren oder der heteropolen Stauraxonien mit ungerader Antimerenzahl ist die reguläre Pyramide mit ungerader Seitenzahl, wie schon oben erörtert worden ist. Die Axenverhältnisse dieser Formgattung sind dadurch characterisirt, dass, wenn die homotypische Grundzahl $=2n-1$ ist, eben so viele unter sich gleiche Kreuzaxen vorhanden sind, und dass jede von diesen $2n-1$ Kreuzaxen zur Hälfte aus einem Radius, zur Hälfte aus einem Interradius besteht. Jedes der $2n-1$ Antimeren ist eine (ganze oder abgestumpfte) rechtwinkelige vierseitige Pyramide, deren Basis ein doppelt-gleichschenkeliges Trapez ist (ein Trapez, dessen beide Diagonalen senkrecht aufeinander stehen, und von denen die eine die andere halbirt, ohne von dieser selbst halbirt zu werden). Von den vier Seitenflächen jedes Antimeres, deren jede einen rechten Winkel enthält, sind je zwei anstossende symmetrisch-congruent. Die beiden äusseren Seitenflächen sind die Hälften zweier anstossenden Seiten der regulären Pyramide; die beiden inneren Seitenflächen sind die interradialen Hälften von zwei benachbarten semiradialen Kreuzebenen. Das Formen-Genus der allopolen Homostauren zerfällt in fünf Formen-Species, je nachdem die Grundzahl $9+2n$ oder neun, sieben, fünf, drei beträgt. Je niedriger die homotypische Grundzahl, desto vollkommener ist die Grundform.

Erste Art der anisopolen Homostauren:

Ungeradzahlige Vielstrahler. Polyactinota.

Stereometrische Grundform: Reguläre Pyramide mit $9+2n$ Seiten.

Realer Typus: Brisinga.

In der Gruppe der Polyactinoten fassen wir alle diejenigen anisopolen Homostauren zusammen, deren ungerade Grundzahl mehr als neun, also mindestens elf, dreizehn, fünfzehn u. s. w., allgemein $9+2n$ beträgt. Es sind diese Homostauren von den Myriactinoten nicht scharf zu trennen, da bei vielen hierher gehörigen Species die Grundzahl variabel, bald gerade, bald ungerade ist. Selten ist eine

höhere Grundzahl als neun bei allen Individuen einer Species constant. Ueberhaupt sind im Ganzen höhere ungerade Zahlen sehr selten, und noch seltener als höhere gerade Grundzahlen. Aus dem Pflanzenreiche sind uns solche nicht bekannt. Im Thierreiche finden sie sich bei denselben Strahlthiergruppen, die wir schon unter den isopolen Myriactinoten hervorgehoben haben, einerseits bei einigen Seesternen, andererseits bei einigen Medusen aus den Familien der Aeginiden und Aequoriden. Es sind hier dieselben Arten von Aequoriden und Aeginiden hervorzuheben, die überhaupt eine höhere und dabei variable Antimerenzahl besitzen und daher ebensowohl häufig eine gerade als eine ungerade Grundzahl zeigen. Abgesehen hiervon aber scheinen einzelne Species sich durch eine constante ungerade Grundzahl, die höher als neun ist, auszuzeichnen. So sollen mehrere Arten von *Mesonema* constant aus siebzehn Antimeren zusammengesetzt sein, *Phorcynia striata* aus dreizehn, *Cunina lativentris* aus elf (bisweilen jedoch auch aus zehn oder zwölf), *C. vitrea* aus neun bis elf Strahlstücken u. s. w. Unter den Seesternen zeichnet sich *Asteriscus rosaceus* durch die constante Zusammensetzung aus fünfzehn Antimeren aus. Ebenso ist die merkwürdige *Brisinga endecacnemos*, welche den Uebergang von den Asterien zu den Ophiuren bildet, durch den constanten Besitz von elf Armen ausgezeichnet. Einundzwanzig Strahlen finden sich bisweilen bei *Echinaster solaris*, der meist vierzehn bis zwanzig besitzt.

Zweite Art der anisopolen Homostauren:

Neunstrahler. Enneactinota.

Stereometrische Grundform: Neunseitige reguläre Pyramide.

Realer Typus: Luidia senegalensis.

Von allen homotypischen Grundzahlen unter zwölf scheint neun am seltensten realisirt zu sein. Constant oder doch fast constant finden sich neun Antimeren bei einigen Seestern-Arten vor, so namentlich bei *Luidia senegalensis M. Tr.* und *Luidia maculata M. Tr.* Ebenso finden sich bei *Solaster endeca* fast immer neun (selten acht oder zehn) Strahlenarme. Neun Strahlen kommen auch bei *Asteriscus australis* vor, welcher deren gewöhnlich acht hat.

Dritte Art der anisopolen Homostauren:

Siebenstrahler. Heptactinota.

Stereometrische Grundform: Siebenseitige reguläre Pyramide

Realer Typus: Trientalis (oder Luidia Savignyi).

Wie schon oben bemerkt wurde, sind die Grundzahlen neun und sieben von allen niederen Zahlen am seltensten in organischen Formen ausgeprägt. Die siebenseitige reguläre Pyramide findet sich daher

als Grundform von Personen sowohl im Thier- als im Pflanzenreiche nur selten deutlich ausgebildet vor. Von den Thieren ist uns nur ein einziges Beispiel von constanter Siebenzahl bekannt, der schöne siebenstrahlige Seestern *Luidia Savignyi*. Auch unter den Pflanzen ist sieben als constante homotypische Grundzahl sehr selten und nur bei einigen wenigen Phanerogamenblüthen rein durchgebildet, z. B. bei einigen Species von *Sempervivum* und bei der naheverwandten Crassulaceen-Gattung *Septas*, die einen siebentheiligen Kelch, sieben Blumenblätter, sieben Staubfäden, sieben Griffel und sieben Fruchtblätter besitzt. Von den deutschen Phanerogamen gehört nur eine einzige Art hierher, die *Trientalis europaea*, welche ebenfalls sieben Kelchblätter, eine siebentheilige Krone und sieben Staubfäden (nur einen Griffel und eine Beere) hat, bei der aber bisweilen die Blüthe auch fünf bis acht Antimeren besitzt. Die übrigen Phanerogamen, welche wegen sieben Staubfäden zu den Heptandria gestellt werden, haben meist die homotypische Grundzahl fünf (z. B. *Aesculus*) oder vier (z. B. *Saururus*) und es ist hier die Siebenzahl durch theilweises Fehlschlagen des verdoppelten Staubblattkreises bedingt.

Vierte Art der anisopolen Homostauren:

Fünfstrahler. Pentactinota.

Stereometrische Grundform: Fünfseitige reguläre Pyramide.

Realer Typus: Ophiura (oder Primula) Taf. I, Fig. 6.

Die Pentactinoten-Form, die Grundform der anisopolen Homostauren mit fünf Antimeren, ist von allen regulären Pyramiden mit ungerader Seitenzahl bei weitem die häufigste. Nicht nur ist der ganze umfangreiche Stamm der Echinodermen fast constant aus fünf Antimeren zusammengesetzt; sondern es gilt dies auch für die bei weitem überwiegende Mehrzahl aller Dicotyledonen-Blüthen. Doch geht allerdings bei einem sehr grossen Theile beider Abtheilungen die streng reguläre Form vielfach in die bilateral-symmetrische (amphipleure) bis zu deren vollkommenster Ausbildung über, so dass es oft sehr schwierig ist, die Grenze zwischen der fünfseitigen regulären und der halben amphithecten Pyramide zu bestimmen.

Als streng reguläre fünfseitige Pyramiden haben wir von den Thieren nur einen Theil des Echinodermen-Stammes zu betrachten, und zwar 1) einen sehr kleinen Theil der Crinoiden-Klasse und zwar nur aus der Subclasse der Brachiaten, z. B. *Eucalyptocrinus, Cupressocrinus* etc.; 2) die grosse Mehrzahl der Asteriden, namentlich sämmtliche Ophiuren und Euryalen, und die Mehrzahl der Asterien; 3) einen sehr kleinen Theil der Echiniden (die Palaechiniden und einige Cidariden). Diesen absolut regulären Echinodermen schliesst sich

eine sehr grosse Anzahl von „subregulären" an, bei denen die fünf Antimeren congruent sind, wenn man von einem, an sich unbedeutenden Merkmale (z. B. einem unpaaren Genitalporus oder dem excentrischen After) absieht, welches einen unpaaren Radius und Interradius den vier übrigen gegenüber auszeichnet. Zu diesen gehören 1) die allermeisten Crinoiden; 2) alle fünfzähligen, nicht absolut regulären Asteriden; 3) die sogenannten regulären Echiniden; 4) die sogenannten regulären („nicht sohligen") Holothurien (*Pentacta, Synapta* etc.). Bei den Coelenteraten scheint die Pentactinotenform nicht vorzukommen. Zwar hat man früher eine Anthozoen-Gruppe als Pentactinia unterschieden. Indess sind bei diesen in der That sechs Antimeren vorhanden, und nur bisweilen das Eine davon etwas verkümmert.

Von den phanerogamen Blüthen ist eine grosse Anzahl der Dicotyledonen hierher zu rechnen, nämlich alle diejenigen, bei denen fünf congruente Blätter oder Multipla von fünf in jedem Blattkreise, und namentlich in dem Blattkreise des Kelches und der Krone vorhanden sind, wobei die Zahl der Staubfäden häufig stark multiplicirt, und die Zahl der Fruchtblätter häufig um ein, zwei, drei oder vier reducirt ist. Dies gilt z. B. von den meisten Primulaceen, Solaneen, Campanulaceen, Umbelliferen, Crassulaceen etc. Als Beispiele von reinster Ausbildung der pentactinoten Grundform sind hier insbesondere viele Primulaceen, viele Arten von *Sedum, Oxalis, Nicandra, Campanula* etc. hervorzuheben.

Streng genommen würden allerdings nur diejenigen fünfzähligen Blüthen hierher zu rechnen sein, bei denen fünf congruente Blätter in jedem Blattkreise der Blüthe vollkommen regulär ausgebildet sind, und bei denen also auch die weiblichen Genitalien entweder fünfzählig oder einfach (central in der Pyramiden-Axe) vorhanden sind. Indessen ist bei der grossen Mehrzahl der fünfzähligen Blüthen die im Uebrigen ganz regulär sind, die Anlage zur bilateralen Symmetrie dadurch bestimmt, dass nur vier oder drei oder zwei oder ein Griffel oder Stempel ausgebildet sind.

Fünfte Art der anisopolen Homostauren:

Dreistrahler. Triactinota.

Stereometrische Grundform: Dreiseitige reguläre Pyramide.

Realer Typus: Iris (oder Lychnocanium) Taf. I, Fig. 4.

Den einfachsten Fall unter allen anisopolen Homostauren bietet uns die dreiseitige reguläre Pyramide dar, wie sie sich sehr häufig im Pflanzenreiche, dagegen aber bei keiner uns bekannten Thier-Person ausgebildet findet. Als Grundform von Organen kommt sie

auch hier vor, so z. B. bei den dreiklappigen Pedicellarien der Seeigel. Unter den Protisten finden wir dieselbe als Form actueller Bionten bei vielen Rhizopoden, unter denen besonders eine Anzahl von Cyrtiden-Arten aus der Radiolarien-Klasse hervorzuheben ist, und zwar aus den beiden Unterfamilien der Dicyrtiden und Stichocyrtiden. Nicht selten ist hier die geometrische Grundform sehr rein in der Bildung des zierlichen Kieselgehäuses ausgesprochen, so bei vielen Arten von *Lithomelissa*, *Lithornithium*, *Rhopalocanium*, *Podocyrtis*; besonders regelmässige dreiseitige Pyramiden sind die Kieselschalen von *Lychnocanium lucerna*, *Dictyophimus gracilipes*, *Rhopalocanium ornatum* und *Dictyopodium trilobum*.

Unter den Phanerogamen-Pflanzen ist die Dreizahl ebenso characteristisch für die Blüthensprosse bei der grossen Mehrzahl der Monocotyledonen, wie die Fünfzahl (seltener die Vierzahl) für die Blüthensprosse bei den allermeisten Dicotyledonen. Wie bei den letzteren, so geht auch bei den ersteren die homostaure vielfach in die heterostaure (amphipleure) Form über. Dies ist z. B. bei den grossen Abtheilungen der Orchideen, Gramineen und Cyperaceen der Fall. Dagegen ist die reguläre dreiseitige Pyramide die unverkennbare Grundform der Blüthe in der umfangreichen Gruppe der Coronarien (Liliaceen, Smilaceen, Irideen, Amaryllideen etc.), bei den Juncaceen und vielen anderen Monocotyledonen. Viel seltener finden wir die reine Triactinoten-Form bei den Dicotyledonen, so z. B. bei einigen Laurineen, einigen Arten von *Elatine*, *Tillaea*, *Cneorum* etc.

Zweite Unterfamilie der heteropolen Stauraxonien:

Ungleichpolige Ungleichkreuzaxige. Heterostaura.

(„Bilateral - symmetrische" Formen der Autoren in der ersten (weitesten) Bedeutung des Begriffes).

Stereometrische Grundform: Irreguläre Pyramide.

Die heterostauren heteropolen Stauraxonien oder die **Heterostauren**, wie wir sie kurz nennen wollen, bilden eine höchst wichtige und umfangreiche Formenreihe; es ist dies die am weitesten verbreitete und am meisten differenzirte von allen Hauptgruppen, in welche wir die Grundformen der Organismen vertheilt haben. Die grosse Mehrzahl aller Personen des Thierreichs, sehr zahlreiche Personen des Pflanzenreichs und sehr viele Antimeren, Metameren, Organe und Zellen, lassen diese Grundform erkennen. Der einfachste geometrische Ausdruck derselben ist die **irreguläre**, und zwar meistens die **amphithecte Pyramide**, (entweder die **ganze** oder die **halbe**, selten die **geviertheilte** amphithecte Pyramide).

Den Character und die allgemeinen Eigenschaften der amphithecten oder zweischneidigen Pyramide haben wir bereits oben bestimmt und erläutert; es ist eine gerade Pyramide mit gerader Seitenzahl, deren Basis ein amphithectes (zweischneidiges) Polygon ist (p. 434). Die Seitenzahl kann sehr verschieden sein, muss aber stets gerade (2n) sein. Als Beispiel für die achtseitige amphithecte Pyramide mögen hier vorläufig die Ctenophoren, für die sechsseitige die Madreporen, für die vierseitige die Zygocyrtiden (auch viele Siphonophoren, ferner die Cruciferen-Blüthen, *Circaea* u. A.) hervorgehoben werden. Der hervorstechendste und wichtigste Characterzug der zweischneidigen Pyramide besteht darin, dass sie durch zwei auf einander senkrechte Ebenen, deren Schnittlinie die Hauptaxe ist, in vier rechtwinkelige Pyramiden zerlegt wird, von denen je zwei benachbarte symmetrisch-gleich, je zwei gegenüberliegende aber congruent sind. Die beiden ungleichen, sich gegenseitig halbirenden Meridianebenen, welche auf diese Weise den Character der amphithecten Pyramide bestimmen, haben wir oben als Richtebenen (Plana euthyphora) oder ideale Kreuzebenen bezeichnet. Die beiden Queraxen, welche auf der Hauptaxe in deren Mittelpunkt senkrecht stehen, und in den beiden Richtebenen liegen, sind die Richtaxen (Euthyni) oder die idealen Kreuzaxen. Mindestens die eine und meistens auch die andere von diesen beiden Richtaxen fällt mit einer realen Kreuzaxe, entweder einer radialen oder einer interradialen, nie mit einer semiradialen zusammen. Die eine der beiden Richtebenen, die wir die Lateralebene oder Breitenebene nennen, theilt die amphithecte Pyramide in zwei congruente Hälften, welche der Rücken- und Bauchhälfte des Thieres entsprechen; die in der Lateralebene liegende Richtaxe ist die Lateralaxe oder Breitenaxe, deren beide Pole wir als rechten und linken unterscheiden. Die andere Richtebene, welche die amphithecte Pyramide ebenfalls in zwei congruente Hälften, und zwar in eine rechte und linke Hälfte, theilt, ist die Längenebene oder Medianebene, und die in derselben liegende Richtaxe ist die Dorsoventralaxe oder Dickenaxe, deren beide Pole wir als Rücken- und Bauch-Pol unterscheiden. Diejenige Ebene endlich, welche durch die beiden Richtaxen bestimmt ist, entspricht der Aequatorialebene der bisher betrachteten Protaxonien, und wird am besten als Dorsoventralebene oder Dickenebene unterschieden. Durch sie wird die ganze amphithecte Pyramide in zwei ungleiche Stücke getheilt, ein Apicalstück und ein Basalstück. Vergl. Taf. I., Fig. 2, 8 nebst Erklärung.

Wir haben demnach an der einfachen amphithecten Pyramide, ganz abgesehen von den realen Kreuzaxen und den durch ihre Zahl bestimmten Seiten, die allgemein 2n + 2 ist, (bei den Ctenophoren acht.

bei den Madreporen sechs, bei den Cruciferen vier), folgende allgemein bestimmende Punkte, Linien und Ebenen zu unterscheiden:

I. Drei auf einander senkrechte und sich gegenseitig halbirende Axen, welche den drei Dimensionen des Raumes entsprechen und von denen eine ungleichpolig ist, während die beiden anderen gleichpolig sind. Diese drei Axen sind: 1) die ungleichpolige Hauptaxe oder Längsaxe (Axis principalis, longitudinalis). A. Erster Pol oder Mundpol (Polus oralis, Peristomium, Basis der Pyramide). B. Zweiter Pol oder Gegenmundpol (Polus aboralis, Antistomium, Apex der Pyramide). 2) Die gleichpolige erste Richtaxe (Dickenaxe oder Rückenbauchaxe (Axis dorsoventralis, sagittalis). A. Erster Pol oder Rückenpol (Polus dorsalis). B. Zweiter Pol oder Bauchpol (Polus ventralis). 3) Die gleichpolige zweite Richtaxe, Breitenaxe oder Seitenaxe (Axis lateralis, dextrosinistra). A. Erster oder rechter Pol (Polus dexter. B. Zweiter oder linker Pol (Polus sinister).

II. Drei auf einander senkrechte Ebenen, welche durch je zwei von den eben bestimmten drei Axen gelegt werden können und von denen die eine (die Medianebene) jede der beiden anderen halbirt. Diese drei Ebenen sind: 1) die Medianebene, Sagittalebene oder Längs-Dicken-Ebene (Planum medianum), durch die Hauptaxe und die Dorsoventralaxe bestimmt; 2) die Lateralebene oder Längs-Breiten-Ebene (Planum laterale), durch die Hauptaxe und die Lateralaxe gelegt; 3) die Aequatorialebene oder Breiten-Dicken-Ebene (Planum aequatoriale s. dorsoventrale), durch die beiden Richtaxen bestimmt. Die letztere ist ein amphithectes Polygon von $2n+2$ Seiten; die beiden ersteren sind gleichschenkelige Dreiecke, oder, wenn man die abgestumpfte amphithecte Pyramide betrachtet, gleichschenkelige Paralleltrapeze (Antiparallelogramme).

III. Die Kreuzaxen (Stauri), welche auf dem Mittelpunkte der Hauptaxe senkrecht stehen und durch sie halbirt werden, so wie die Kreuzebenen (Plana cruciata) oder die Meridianebenen, welche durch die Hauptaxe und jede der Kreuzaxen sich legen lassen, können bei den ganzen amphithecten Pyramiden niemals semiradial sein, da die homotypische Grundzahl niemals eine ungerade sein kann. Da die letztere stets $2n+2$ ist, so müssen die Kreuzaxen und Kreuzebenen stets von zweierlei Art, abwechselnd radial und interradial sein. Die Kreuzaxen und die durch sie und die Hauptaxe gelegten Kreuzebenen können ferner niemals alle gleich sein, da erst durch die Ungleichheit derselben die Differenzirung der beiden ungleichen Richtaxen und Richtebenen bedingt wird, welche den Character der amphithecten Pyramide bestimmt.

Wie die meisten vorstehend angeführten Grundformen, so ist

auch die ganze und halbe amphithecte Pyramide, welche die gemeinsame Grundform der meisten Heterostauren ist, von den Morphologen bisher nicht erkannt worden, da man die bestimmenden Axen und deren Pole entweder gar nicht oder doch nicht gehörig berücksichtigt hat. Vielmehr hat man alle hierher gehörigen Formen als „Bilateral-Symmetrische“ im weitesten Sinne des Wortes betrachtet. Der Einzige, der wenigstens den Unterschied der ganzen und halben amphithecten Pyramide, wenn auch nicht erkannt, so doch gefühlt und unbestimmt ausgedrückt hat, ist Bronn; er nennt diejenigen Heterostauren, welche der ganzen amphithecten Pyramide entsprechen, Sagittalformen oder Keile (Sphenoide), diejenigen, welche nur eine halbe repräsentiren, Halbkeile (Hemisphenoide).

Die äusserst umfangreiche und vielgestaltige Formengruppe der Heterostauren zerfällt zunächst in zwei Hauptabtheilungen, autopole und allopole, je nachdem jede der beiden Richtaxen (oder idealen Kreuzaxen) gleichpolig ist, oder wenigstens die eine derselben (selten auch die andere) ungleichpolig ist. Die autopolen Heterostauren, bei denen die beiden Pole an jeder der beiden Richtaxen gleich sind, werden durch jede der beiden Richtebenen in zwei congruente Stücke zerlegt. Die allopolen Heterostauren, bei denen die beiden Pole der einen Richtaxe (selten auch die der anderen) ungleich sind, werden durch die eine Richtebene in zwei ungleiche, durch die andere in zwei symmetrisch-gleiche Stücke zerlegt (oder, wenn beide Richtaxen ungleichpolig sind, in zwei symmetrisch-ähnliche). Zwischen diesen beiden Hauptabtheilungen besteht der sehr wichtige Unterschied, dass bei den Autopolen, wie bei allen bisher betrachteten Protaxonien, die Mitte des Körpers eine Linie ist, während dieselbe bei den Allopolen zur Ebene wird. Wenn man auf dieses, die Körperform in hohem Maasse bestimmende Verhältniss das Hauptgewicht legt, so muss man die Autopolen als die letzte und höchst differenzirte Abtheilung der Centraxonien (Protaxonien, mit Ausschluss der Allopolen) betrachten und diesen die Allopolen als Centrepipeden entgegen stellen. Die geometrische Grundform der autopolen Heterostauren ist die ganze, diejenige der allopolen die halbe amphithecte Pyramide (selten, wenn nämlich beide Richtaxen ungleichpolig sind, die geviertheilte). Bei den Autopolen ist rechte und linke Hälfte congruent, bei den Allopolen symmetrisch-gleich (selten bloss symmetrisch-ähnlich); bei den ersteren ist Rücken- und Bauchhälfte congruent, bei den letzteren ungleich.

Die kleinere, aber morphologisch besonders interessante Abtheilung der autopolen Heterostauren bildet die Grundform bei den Bionten der Ctenophoren und Madreporen, vieler Siphonophoren, einiger niederer Würmer, der Zygocyrtiden und mehrerer Dicotyledonen-

Familien (Cruciferen u. a). Weit wichtiger und umfangreicher ist die Abtheilung der allopolen Heterostauren, deren Grundform das materielle Substrat der actuellen Bionten bei den meisten höheren und vielen niederen Thieren und Pflanzen bildet. Es gehören hierher sämmtliche Wirbelthiere, Arthropoden und Mollusken, die meisten Würmer, die irregulären Echinodermen, die Zaphrentinen, viele Siphonophoren und eine kleine Anzahl von Rhizopoden, sowie von den Monocotyledonen die Gräser, Cyperaceen, Orchideen etc. und von den Dicotyledonen die umfangreichen Familien der Compositen, Umbelliferen, Leguminosen, Violarien und viele Andere.

Erste Gattung der heterostauren Stauraxonien:

Amphithect-pyramidale Grundformen. Autopola.

(Toxopleura. Sagittalia, Sphenoide, Bronn.)

Stereometrische Grundform: Amphithecte Pyramide (Taf. I, Fig. 2, 8).

Die Abtheilung der autopolen Heterostauren ist für die allgemeine Morphologie von besonderem Interesse, wie schon daraus hervorgeht, dass man bei einer hierher gehörigen Thierklasse, den Ctenophoren nämlich, im letzten Jahrzehnt schon mehrfach bemüht gewesen ist, die allgemeine Grundform zu erkennen. Da man bei der Mehrzahl der Organismen diese Frage überhaupt noch nicht aufgeworfen oder doch nur in der oberflächlichsten Weise beantwortet hat, so dürfen sich die Ctenophoren in dieser Beziehung schon eines besonderen Vorzuges rühmen. Freilich zeigt Nichts so deutlich, wie sehr dieser Theil der Morphologie die unentbehrliche Grundlage der scharfen philosophischen Begriffsbestimmung vernachlässigt hat, als die unklare und verworrene Weise, in der man die Frage von der Grundform der Ctenophoren zu lösen versucht, und die zu den seltsamsten Widersprüchen geführt hat. Während die einen Morphologen dieselben als „rein bilateral-symmetrische Thiere", die anderen als „Uebergänge vom bilaterals-ymmetrischen zum radial-regulären Typus" deuteten, haben sie wieder andere als reine „Strahlthiere" aufgefasst und zwar bald als „achtstrahlige", bald als „zweistrahlige" Thiere. Und doch ist die eigenthümliche Grundform der autopolen Heterostauren in allen Ctenophoren so rein und so ohne Uebergangsbildungen, weder zur wirklichen „Bilateralsymmetrie", noch zur wirklichen „Radialregularität" ausgesprochen, dass die einfachste Untersuchung der Axen und ihrer Pole, sobald man einmal die Begriffe der Grundformen festgestellt hat, sofort zum einzig möglichen Resultate führt. Von den anderen Thieren, die neben den Ctenophoren eine Stellung in der Gruppe der autopolen Heterostauren beanspruchen, sind die sechsstrahligen Madreporen noch gar nicht, die viertheiligen niederen

Würmer nur von Bronn kurz beachtet worden. Auch in den hierher gehörigen Pflanzen, den Blüthensprossen der Cruciferen nämlich und einiger anderer Phanerogamen, ist die stereometrische Grundform nicht erkannt worden.

Die Grundform der autopolen Heterostauren ist die amphithecte Pyramide, deren Character wir im Vorhergehenden (p. 434) genügend festgestellt und erörtert haben. Als das sicherste Kriterium derselben, welches sie in allen Fällen characterisirt und sie von allen übrigen Pyramiden bestimmt unterscheidet, soll hier nur nochmals hervorgehoben werden, dass die amphithecte Pyramide durch zwei auf einander senkrechte ungleiche Ebenen (Richtebenen), deren Schnittlinie die Pyramidenaxe (Hauptaxe) ist (und nur durch diese beiden Ebenen!) in vier rechtwinkelige Pyramiden zerlegt wird, von denen je zwei anstossende symmetrisch-gleich, je zwei gegenständige aber congruent sind. Diese Eigenschaft ist dadurch bedingt, dass die beiden, in jenen Richtebenen liegenden Richtaxen (Euthynen oder idealen Kreuzaxen), welche sich gegenseitig und die ungleichpolige Hauptaxe unter rechten Winkeln halbiren, ungleich sind, während die beiden Pole (und Polflächen) jeder Richtaxe gleich sind.

Die autopolen Heterostauren unterscheiden sich einerseits von allen bisher untersuchten heteropolen Stauraxonien, also von den Homostauren, durch die ungleiche Länge und Beschaffenheit der radialen Kreuzaxen, während sie durch die gleiche Beschaffenheit der beiden Pole jeder Kreuzaxe mit denselben übereinstimmen. Andererseits sind sie von den allopolen Heterostauren, mit denen sie die Ungleichheit der Kreuzaxen gemein haben, durch die Gleichheit ihrer Pole verschieden. Wie sie durch diese Eigenschaften zwischen den beiden genannten Gruppen in der Mitte stehen, so ist es auch der Fall mit Bezug auf die Körpermitte (Centrum). Während diese bei den allopolen Heterostauren zur Ebene wird (Centrepipeden), so bleibt sie bei den autopolen noch eine Linie, wie bei den Homostauren; allein durch die Differenzirung der beiden Richtebenen, die bei den letzteren stets gleich, also als solche eigentlich nicht vorhanden sind, tritt dennoch eine Annäherung der Autopolen an die Allopolen ein, indem gewissermaassen zwei Medianebenen durch die beiden Richtebenen gegeben sind. Da aber jede derselben durch die andere in zwei gleiche Hälften getheilt wird, so fehlt wiederum der wesentliche Character der allopolen Medianebene, die Zusammensetzung aus zwei ungleichen Hälften, Rücken- und Bauch-Hälfte. Daher können wir an der Autopolen-Form an und für sich, ohne Vergleichung mit verwandten Allopolen, niemals bestimmen, welche der beiden ungleichen Richtaxen und Richtebenen die dorsoventrale, welche die laterale ist.

Der Rücken ist vom Bauche ebenso wenig als das Rechts vom Links verschieden. Nur die Hauptaxe ist ungleichpolig.

Wie wir die autopole Heterostauren-Form aus der allostauren homopolen Stauraxon-Form einfach dadurch erhalten, dass wir die amphithecte Doppelpyramide der letzteren mittelst eines durch die Aequatorialebene gelegten Schnittes halbiren, so können wir auch zwei Unterabtheilungen der ersteren dadurch erhalten, dass wir sie auf gleiche Weise aus den beiden, oben geschilderten Formengruppen der letzteren ableiten. Wir werden so **oxystaure Autopolen** erhalten, bei denen mehr als zwei radiale Kreuzaxen vorhanden sind, die sich unter spitzen Winkeln schneiden, und **orthostaure**, bei denen nur zwei radiale Kreuzaxen ausgebildet, die sich unter rechten Winkeln schneiden, und demgemäss mit den beiden idealen Kreuzaxen oder Richtaxen zusammenfallen. Die orthostauren Autopolen entsprechen den orthogonien oder octopleuren Allostauren, deren Hälften sie darstellen, und sind gleich diesen aus vier Antimeren zusammengesetzt. Die oxystauren Allopolen dagegen können als Hälften der oxygonien oder polypleuren Allostauren betrachtet werden und sind gleich diesen allgemein aus 4 + 2n Antimeren (mindestens aus sechs, acht, zehn u. s. w.) gebildet. Wie es oben bei der homopolen amphithecten Doppelpyramide geschah, so kann auch hier bei der heteropolen amphithecten Einzelpyramide die viertheilige, orthostaure oder orthogonie Form (mit vier Antimeren) als eine besondere Art und zwar als die einfachste und regelmässigste Art der vieltheiligen, oxystauren oder oxygonien Form (mit 4 + 2n Antimeren) betrachtet werden. Diese speciellste Form der letzteren ist das halbe Rhomben-Octaeder oder die rhombische Pyramide.

Erste Untergattung der autopolen Heterostauren.

Vielseitige amphithecte Pyramiden. Oxystaura.

Stereometrische Grundform: Amphithecte Pyramide mit 4 + 2n Seiten.

Als oxystaure Autopolen fassen wir hier alle diejenigen autopolen Heterostauren zusammen, welche aus sechs, acht und mehr (allgemein aus 4 + 2n) Antimeren zusammengesetzt sind. Da also sechs das Minimum der Antimerenzahl bei allen hierher gehörigen Formen ist, so muss die Zahl der radialen Kreuzaxen demgemäss mindestens drei betragen und diese können sich nur unter spitzen Winkeln schneiden (daher Oxystaura). Es fallen mithin mindestens zwei radiale und zwei interradiale Kreuzebenen nicht mit den beiden Richtebenen zusammen. Die stereometrische Grundform der Oxystauren ist eine gerade Pyramide, deren Basis ein amphithectes Polygon von mindestens sechs oder acht Seiten (allgemein von 4 + 2n Seiten) bildet. Von

hierher gehörigen Formen sind uns nur zwei Arten bekannt, die achtseitige und die sechsseitige amphithecte Pyramide, von denen die erstere die Grundform der Ctenophoren, die letztere die der Madreporen und einiger anderer sechszähliger Anthozoen bildet. Oxystaure Autopolen mit zehn, zwölf oder 12 + 2n Antimeren, die ebenfalls besondere Arten bilden würden, scheinen in rein ausgeprägter Form nicht vorzukommen.

Erste Art der oxystauren Autopolen:

Achtreihige. Octophragma.

(Achtstrahlige gleichpolige Bilateralformen.)

Stereometrische Grundform: Achtseitige amphithecte Pyramide.

Realer Typus: Eucharis (Taf. I, Fig. 8).

Die sehr characteristische Octophragmen-Form ist von besonderem Interesse als die allgemeine und ausschliessliche Grundform sämmtlicher Ctenophoren. Wie mannichfaltig auch durch die zierlichste Architectonik das Aeussere dieser schönen und gestaltenreichen Thierklasse modificirt erscheinen mag, stets lässt es sich auf dieselbe einfache Grundform zurückführen. Die augenfälligen Abweichungen, welche die Grundform der Ctenophoren von der „regulären" Strahlthierform der nächstverwandten Hydromedusen und Anthozoen zeigt, haben, wie erwähnt, in neuerer Zeit zu lebhaften Erörterungen geführt, die jedoch, ohne ein positives Resultat zu haben, die klare Auffassung derselben eher noch mehr erschwert haben. Nachdem man früher die Ctenophoren bald als rein bilateral-symmetrische Thiere, bald als Uebergangsformen von der bilateralen Symmetrie zur radialen Regularität betrachtet hatte, während sie wieder von Anderen als echte Strahlthiere, und zwar bald als achtstrahlige, bald als vierstrahlige angesehen wurden, erschien vor wenigen Jahren ein diese Frage ausführlicher behandelnder Aufsatz von Fritz Müller „über die angebliche Bilateralsymmetrie der Rippenquallen,"[1]) worin dieser ausgezeichnete Naturforscher den Nachweis zu führen versuchte, dass die Ctenophoren „zweistrahlige Thiere" seien. Obgleich dieser Arbeit jedenfalls das Verdienst gebührt, die Irrthümer und Widersprüche der früheren Betrachtungsweise schlagend nachgewiesen zu haben, so kann doch die versuchte Lösung der anscheinend so verwickelten Frage nicht als eine glückliche bezeichnet werden. Vielmehr wird sich aus einer einfachen und unbefangenen Betrachtung der Axenverhältnisse ergeben, dass die Ctenophoren die bestimmte eigenthümliche Grundform der octophragmen Oxystauren, die

[1]) Archiv für Naturgeschichte, 1861, XXVII, 1; pag. 320—325.

wir zu den autopolen Heterostauren stellen müssen, besitzen und dass sie also ebenso weit vom echten radialen als vom echten symmetrischen Typus entfernt sind.

Der Körper aller Ctenophoren ist aus acht Antimeren zusammengesetzt, deren jedes einen Nerven, ein Chylusgefäss, eine Reihe von Wimperblättern und eine Doppelreihe von Geschlechtsorganen (eine männliche und eine weibliche Reihe) enthält. Es sind also die wesentlichen Organe des Körpers in Achtzahl vorhanden und in der Weise vollkommen regulär auf 8 Strahlen vertheilt, dass an dem wirklich „achtstrahligen" Bau, d. h. an der wirklichen Zusammensetzung des Körpers aus acht radialen Antimeren nicht gezweifelt werden kann. Diejenigen Organe, welche nicht in Achtzahl vorhanden sind, liegen entweder als einfache unpaare Organe in der Hauptaxe des Körpers, wie Mund, Magen, Sinnesorgan, oder sie sind paarig vorhanden, und liegen dann entweder in der einen oder in der anderen von den beiden auf einander senkrechten Meridianebenen (Richtebenen), welche man durch die Hauptaxe und durch die beiden idealen auf einander senkrechten Kreuzaxen (Richtaxen) legen kann. Beide Richtebenen sind interradiale Kreuzebenen; daher theilen sie den ganzen Körper in 4 Stücke (Quadranten), deren jedes aus 2 ähnlichen Antimeren besteht. Je 2 benachbarte Quadranten sind symmetrisch-gleich, je 2 gegenständige congruent; die beiden Antimeren jedes Quadranten aber sind weder congruent, noch symmetrisch-gleich, sondern bloss ähnlich. (Vgl. Taf. I, Fig. 8 nebst Erklärung.) Jede der beiden Richtebenen, die wir als die sagittale (i_1 i_5) und laterale (i_3 i_7) unterscheiden, ist durch den Besitz besonderer Organe, durch Grösse, Form u. s. w. von der anderen unterschieden. Da jedoch sowohl die beiden Körperhälften, welche durch die Sagittalebene getrennt werden, unter sich congruent sind, als auch die beiden Körperhälften, welche durch die Lateral-Ebene geschieden werden, so könnte es zunächst willkührlich erscheinen, welche der beiden Richtebenen als Median-, welche als Breiten-Ebene aufzufassen sei. Immerhin lassen mehrere Homologieen diejenige Deutung als die passendere erscheinen, welche die beiden stets nur paarig vorhandenen Tentakeln als laterale Organe auffasst und danach das Rechts und Links bestimmt, so dass die beiden terminalen Gabeläste der Trichterhöhle nach Rücken- und Bauch-Seite gerichtet sein und die Median-Ebene bestimmen würden. Von den paarig vorhandenen Organen liegen dann in der *Lateral-Ebene* (*Rechts* und *Links*), die beiden Tentakeln (Fig. 8, i_3 i_7), die beiden Canäle, welche rechts und links an den breiten Magenseiten herablaufen (Magengefässe) und die beiden Hauptstämme des Gastrovascularsystems (K_1, K_2), welche von der Trichterhöhle seitlich abgehen und durch deren wiederholte Bifurcation die 8 Radialcanäle entstehen. In der *Sagittal-Ebene* dagegen (*auf der Rücken- und auf der Bauchseite*) liegen die beiden terminalen Gabeläste der Trichterhöhle, welche sich hinten nach aussen öffnen, und die beiden grossen Mundlappen (Ober- und Unterlippe, L_1, L_2), welche bei den Calymmiden so entwickelt sind, ferner die colossalen bandförmigen Ausläufer, welche die Hauptmasse des Körpers von *Cestum* bilden. Der sehr stark seitlich zu-

sammengedrückte Magen ist ebenfalls in der Median-Ebene ausgedehnt, so dass also sein längerer Kreuzdurchmesser und ebenso die Länge der schmalen Mundspalte von Oben nach Unten, vom Rücken zum Bauch verläuft. Nur ist nicht zu vergessen, dass bei allen Ctenophoren die Rücken- von der Bauch-Seite ebenso wenig verschieden ist, als die rechte von der linken.

Da alle diejenigen Organe der Ctenophoren, welche unpaar vorhanden sind (Mund, Magen, Sinnesorgan) und ebenso alle diejenigen Organe, welche paarig vorhanden sind, in einer der beiden interradialen Richtebenen liegen, so ergiebt sich, dass alle 4 Quadranten genau dieselbe Anzahl von Organen und Organtheilen enthalten, und mithin vollkommen gleich sind, nur mit der Differenz, dass je 2 anstossende Quadranten symmetrisch-gleich, je 2 gegenständige congruent sind. Jeder Quadrant aber besteht aus zwei ungleichen Antimeren, von denen zwar jedes einen radialen Nerven, ein radiales Chylusgefäss, eine radiale Wimperrippe, eine radiale Doppelreihe von Genitalien besitzt, von denen aber das eine (laterale) durch einen halben interradialen Senkfaden, ein halbes interradiales Magengefäss und Hauptstammgefäss u. s. w. an seiner lateralen (die Breiten-Richtebene bildenden) Grenzebene ausgezeichnet ist, während das andere (dorsale oder ventrale) einen halben interradialen Mundlappen, ein halbes interradiales Trichtergefäss u. s. w. an seiner sagittalen (die Median-Richtebene bildenden) Grenzebene besitzt.

Es zeigt sich also bei genauerer Betrachtung der Ctenophoren-Körper in der Weise aus 4 Antimeren-Paaren zusammengesetzt, dass sämmtliche Organe des Körpers in jedem Antimeren-Paare oder Quadranten entweder doppelt oder einfach oder halb oder geviertheilt vorhanden sind, während jedes einzelne Antimer, für sich betrachtet, unvollständig erscheint. Es könnte mithin die Frage aufgeworfen werden, ob wir die Ctenophoren nicht vielmehr, gleich den Hydromedusen, als vierzählige Thiere ansehen sollen, bei denen aber, wie es schon bei den Saphenien, Stomotoken etc. angedeutet ist, durch Differenzirung der Kreuzaxen aus 4 congruenten Antimeren 2 congruente Paare von je 2 symmetrisch-gleichen Antimeren entstanden sind. Dem steht aber einerseits der Umstand entgegen, dass die Ctenophoren den achtstrahligen Alcyonarien durch ihren Bau näher verwandt sind, als den vierstrahligen Hydromedusen, und andererseits die Differenz, dass bei den heterostauren Medusen (*Saphenia*, *Stomotoca* etc.) die beiden Richtebenen durch die beiden radialen, bei den Ctenophoren dagegen durch 2 interradiale Kreuzebenen gebildet werden. Wenigstens scheint der sicherste Anhaltpunkt dafür, dass die in den Richtebenen der Ctenophoren angebrachten paarigen oder unpaaren (centralen) Organe interradial sind, in den zwischen ihnen liegenden Chyluscanälen und den sie begleitenden Organen, Nerven, Genitalien etc. gegeben zu sein, die wir allgemein bei den Coelenteraten als „radiale“ anzusehen berechtigt sind. Wollte man die Richtebenen der Ctenophoren als „radiale“ Kreuzebenen auffassen, gleich denen der Hydromedusen, so müsste man annehmen, dass die 4 Radialcanäle und die sie begleitenden Organe sich derart gabelspaltig getheilt hätten, dass die beiden Aeste jeder Gabel weit von der Mittel-

linie des Antimeres sich entfernt hätten, während die übrigen radialen Organe (die paarig vorhandenen) in der Mittelebene des Antimeres zurückgeblieben seien und sich paarweis differenzirt hätten. Die Verästelung der Hauptgefässstämme und gewisse Homologieen werden diese Auffassung vielleicht später als die richtige erscheinen lassen, und es werden dann die Ctenophoren zu den Tetraphragmen gestellt werden müssen, weil jeder Quadrant (den wir hier als Antimeren-Paar betrachten) dann den Werth eines einzelnen Antimeres erhalten würde.

Mag man nun mit Rücksicht auf die Ungleichheit der paarweise zu einem Quadranten verbundenen Antimeren die Ctenophoren als Tetraphragmen, aus 4 Antimeren zusammengesetzt, betrachten, oder sie, wie es wohl passender ist, mit Rücksicht auf die Achtzahl der wichtigsten Organe, als Octophragmen, mit 8 Antimeren, ansehen, so wird sich auf keinen Fall die von Fritz Müller aufgestellte und vertheidigte Ansicht rechtfertigen lassen, dass dieselben „zweistrahlige Thiere" (Diphragma) sind. Es wird dies sofort klar, wenn man sie mit den wirklich diphragmen Autopolen, und mit denjenigen tetraphragmen zusammenhält, die aus den Tetractinoten durch Differenzirung der Kreuzaxen entstanden sind.

Zweite Art der oxystauren Autopolen:

Sechsreifige. Hexaphragma.

(Sechsstrahlige gleichpolige Bilateralformen).

Stereometrische Grundform: Sechsseitige amphithecte Pyramide.

Realer Typus: Flabellum (Taf. I, Fig. 2).

Die Hexaphragmen-Form findet sich nicht selten unter den aus 6 Antimeren zusammengesetzten Anthozoen, bei den Polypen der Madreporarien-Gruppe, sowohl bei Perforaten, als bei Eporosen und bei einigen anderen sechszähligen Anthozoen. Obwohl bei diesen „sechsstrahligen" Polypen der characteristische Typus der autopolen Heterostauren mindestens ebenso auffallend, als bei den „achtstrahligen" Ctenophoren ausgeprägt ist, so ist dieses Verhältniss dennoch den Zoologen bisher gänzlich entgangen und es hat noch Niemand daran gedacht, bei den ersteren so, wie bei den letzteren, von „bilateraler Symmetrie" zu sprechen. Die oxystauren Anthozoen, welche die Grundform der sechsseitigen amphithecten Pyramide sehr rein zeigen, gehören meistens der Ordnung der Madreporarien oder der Sclerodermen-Zoantharien an und scheinen in allen sechsstrahligen Hauptabtheilungen derselben vorzukommen, am meisten ausgebildet jedoch in der Eporosen-Familie der Turbinoliden (als *Flabellum, Sphenotrochus* etc.), seltener der Astraeiden *(Peplosmilia)*, und in der Perforaten-Familie der Madreporiden, (*Madrepora* selbst). Während die übrigen nächstverwandten Madreporarien die Hexactinoten-Form der

regulären sechsseitigen Pyramide mehr oder minder rein ausgeprägt zeigen, indem alle 6 Antimeren gleichmässig stark entwickelt sind, finden wir bei den erstgenannten 2 gegenständige Antimeren viel schwächer, als die 4 übrigen (unter sich gleichen) entwickelt, so dass die ausgezeichnete Form der amphithecten Pyramide sofort in die Augen springt. Das primär bedingende Moment dieser Formdifferenz liegt in einem überwiegenden Wachsthum der vier stärkeren Antimeren und der beiden entgegengesetzten primären Sternleisten (Septa interradialia) welche jene trennen. (Fig. 2, a_1, a_4.) Hinter letzteren bleiben die vier anderen primären Septa im Wachsthum bedeutend zurück und entsprechend auch die beiden entgegengesetzten Kelchwände, denen sie ansitzen. Dadurch wird denn weiterhin die ganze Kelchform zweischneidig zusammengedrückt (amphithect) und die runde Mundöffnung nimmt die Form eines länglichen schmalen Spaltes, der cylindrische Magenschlauch die Form einer platten Tasche an. Da wir bei den nächstverwandten Ctenophoren dieselbe Differenzirung zweier Kreuzaxen zu Richtaxen antreffen und hier die längere Magendimension und die Längsrichtung des Mundspalts als dorsoventrale bezeichnet haben, so müssen wir auch bei den Madreporarien diese Bezeichnung beibehalten. Es ist demnach die kürzere (radiale) von den beiden Richtaxen als laterale, die längere (interradiale) dagegen, welche durch die beiden stärkeren Primär-Septa oder Hauptsepta bestimmt wird, als dorsoventrale zu bezeichnen. Je grösser die Differenz zwischen beiden Richtaxen wird, desto auffallender tritt die Grundform der amphithecten sechsseitigen Pyramide hervor.

Am deutlichsten und schärfsten ist die hexaphragme Oxystauren-Form bei den Turbinoliden, besonders *Flabellum* und *Sphenotrochus* ausgeprägt, wo der ganze Kelch fast blattförmig von zwei Seiten (von Rechts und Links) her zusammengedrückt erscheint. In diesem Falle hat der Durchschnitt des Kelches einen schmal lanzettförmigen Umriss. Elliptisch erscheint dieser dagegen bei *Peplosmilia* unter den Astraeiden und bei *Madrepora*, bei der die beiden Hauptsepta völlig in der Mitte des Kelches zusammentreffen und verwachsen. In geringerem Grade, jedoch ebenfalls unverkennbar, findet sich die Differenzirung zweier Richtaxen (einer radialen und einer interradialen) und dadurch der Uebergang der sechsseitigen regulären in die amphithecte Pyramide bei mehreren Arten von *Dasmia*, *Caryophyllia* und anderen Eporosen aus der Turbinoliden-Familie, *Lophosmilia* aus der Astraeiden-Familie, ferner bei vielen Arten von *Pocillopora*, *Seriatopora* und Anderen aus der Tabulaten-Gruppe, und bei manchen anderen Madreporarien aus verschiedenen Familien. Oft ist dieselbe nur durch einen schmalen und langen spaltenförmigen Mund angedeutet, welcher den übrigens regulären hexactinoten Kelch in eine dorsale und ventrale Hälfte spaltet; so bei *Fungia*, auch bei vielen Malacodermen (Actinien etc). Sehr auffallend ist die Hexaphragmen-Form bei der elliptischen *Fungia Ehrenbergii*, *F. echinata* etc.

Bei allen oxystauren Madreporarien lässt die **sechsseitige amphithecte Pyramide** folgende characteristische Eigenschaften erkennen: der Körper ist aus sechs Antimeren zusammengesetzt, von denen die beiden am schwächsten entwickelten Antimeren (rechtes und linkes), welche in der Lateralebene liegen, congruent sind, während die 4 übrigen, welche paarweise beiderseits der Sagittalebene liegen, paarweise (nämlich 2 gegenständige) congruent, paarweise (nämlich 2 benachbarte) symmetrisch-gleich sind. Die grössere von den beiden Richtebenen, die Medianebene (Fig. 2, i_1 i_4), welche dem grössten Kelchdurchmesser und der Längsrichtung des Mundspaltes entspricht, fällt mit einer interradialen Kreuzebene zusammen, nämlich mit der Grenzebene der beiden stärkeren Antimerenpaare. Die kleinere Richtebene oder die Lateralebene, welche dem kleinsten Durchmesser des Mundspaltes und des Kelches entspricht, fällt dagegen mit einer radialen Kreuzebene zusammen, nämlich mit der Medianebene der beiden schwächeren Antimeren, des rechten (r_2) und linken (r_5). Wir finden also, dass, wie es bei den sechsseitigen amphithecten Pyramiden stets der Fall sein muss, die eine Richtebene (sagittale) mit einer interradialen, die andere (laterale) mit einer radialen Kreuzebene identisch ist. Die 4 anderen realen Kreuzebenen, 2 radiale und 2 interradiale, schneiden sich und die ersteren unter spitzen Winkeln.

Von den 4 Quadranten des Personen-Körpers der oxystauren Madreporarien, von denen je 2 anstossende symmetrisch-gleich, je 2 gegenständige congruent sind, ist jeder zusammengesetzt aus einem halben schwächeren und einem ganzen stärkeren Antimer. Die Hälften der beiden schwächeren Antimeren sind symmetrisch gleich, die Hälften jedes der 4 stärkeren Antimeren dagegen symmetrisch ähnlich. Wenn wir in der Aequatorialebene oder an der Pyramiden-Basis (Taf. I, Fig. 2) einen Umgang um die Hauptaxe in der Richtung von Links nach Rechts halten, so treffen wir folgende Reihenfolge der 6 Antimeren: I. Das linke Stück (erstes schwächeres Antimer, $ci_6r_5i_5$). II. Das linke Dorsalstück, $ci_5r_4i_4$, (darauf den Dorsalpol der Dickenaxe, i_4). III. Das rechte Dorsalstück, $ci_4r_3i_3$. IV. Das rechte Stück (zweites schwächeres Antimer, $ci_3r_2i_2$). V. Das rechte Ventralstück $ci_2r_1i_1$ (darauf den Ventralpol der Dickenaxe, i_1). VI. Das linke Ventralstück $ci_1r_6i_6$, welches wiederum an das erste (linke) Stück anstösst.

Von diesen sechs Antimeren der Hexaphragmen gehören zwei (rechtes und linkes) der eudipleuren, die vier übrigen der dysdipleuren Grundform an. Rechtes und linkes Stück (I und IV) sind congruent. Die beiden dorsalen Stücke (II und III) sind unter sich symmetrisch-gleich, ebenso die beiden ventralen (V und VI). Dagegen ist das linke Rückenstück (II) dem rechten Bauchstück (V) congruent, und ebenso das rechte Rückenstück (III) dem linken Bauchstück (VI).

Am deutlichsten ist die Hexaphragmen-Form bei denjenigen oben genannten Madreporarien zu erkennen, bei welchen die sechs primären, interradialen Kelchsepta (Fig. 2, a_1—a_6) dauernd stärker bleiben, als die nachfolgenden secundären (Fig. 2, s_1-s_6), tertiären etc. Scheidewände. Doch verräth sie sich oft auch allein schon durch den elliptischen oder lanzettförmigen Umriss des bilateral comprimirten Polypenkelches.

Zweite Untergattung der autopolen Heterostauren.

Rhomben-Pyramiden. Orthostaura.

Stereometrische Grundform: Amphithecte Pyramide mit 4 Seiten.

Die geometrische Grundform der orthostauren oder tetrapleuren Autopolen ist die vierseitige amphithecte Pyramide, also eine gerade Pyramide, deren Basis das vierseitige amphithecte Polygon oder der Rhombus ist, und die wir demgemäss kurz als Rhomben-Pyramide bezeichnen können. Die Antimeren-Zahl ist hier beschränkt, entweder Zwei oder Vier, und es können demnach nur eine oder zwei radiale Kreuzebenen vorhanden sein, die mit einer oder mit beiden Richtebenen zusammenfallen und sich im letzteren Falle rechtwinkelig kreuzen müssen. Radiale Kreuzebenen, welche sich unter spitzen Winkeln schneiden und nicht mit den Richtebenen zusammenfallen, können bei dieser Abtheilung nicht vorkommen.

Da die vierseitige Rhomben-Pyramide der orthostauren Allopolen nichts Anderes ist, als die einfachste und speciellste Form der amphithecten Pyramide, welche mit $4+2n$ Seiten die Grundform der oxystauren Autopolen darstellt, so verhält sich die erstere zur letzteren ganz ebenso wie unter den homopolen Stauraxonien die specielle Form des Rhomben-Octaeders (orthogone oder octopleure Allostauren) zur allgemeinen Form der amphithecten Doppelpyramide (oxygone oder polypleure Allostauren). Wie wir aus der letztgenannten die einfache amphithecte Pyramide der oxystauren Autopolen durch Halbirung ableiteten, so können wir auch die Rhomben-Pyramide der orthostauren Autopolen durch Halbirung des Rhomben-Octaeders der octopleuren Allostauren erhalten.

Die orthostauren Autopolen scheinen zunächst nur eine einzige Formengruppe zu bilden, da der Character der geraden rhombischen Pyramide, ihrer Grundform, stets derselbe bleiben muss. Wollte man verschiedene Arten derselben unterscheiden, so könnte man dazu allenfalls als Eintheilungs-Princip das wechselnde Längen-Verhältniss der Hauptaxe zu den beiden Richtaxen benutzen und danach hohe und niedere Rhomben-Pyramiden u. s. w. unterscheiden. Doch sind diese Unterscheidungen von gar keinem Interesse.

Viel wichtiger dagegen und von besonderem Werthe, freilich nicht für die Grundform an und für sich, aber wohl für die theoretische Auffassung derselben, ist der Umstand, dass bei den einen hierher gehörigen Formen der Körper aus vier, bei den anderen aus zwei Antimeren zusammengesetzt ist. Da die Form der Rhomben-Pyramide und ihre Axenverhältnisse in beiden Fällen ganz dieselben sind, so kann die Entscheidung darüber, ob der eine oder andere Fall vor-

liegt, nur aus untergeordneten Form-Verhältnissen oder aus dem Zusammenhange der betreffenden Thiere mit anderen nächstverwandten, die verschiedenen Grundformen angehören, entnommen werden. So werden wir also z. B. als Orthostaure mit vier Antimeren, die wir Tetraphragmen nennen, die Saphenien, die Proglottiden der Taenien, ferner viele Phanerogamen-Blüthen (z. B. der grossen Cruciferen-Familie) aufzufassen haben, während als unzweifelhaft zweizählige, als Orthostauren mit zwei Antimeren oder Diphragmen die Zygocyrtiden, *Circaea* u. A. aufzufassen sind.

Der wichtige theoretische Unterschied der beiden Gruppen, der freilich von keiner practischen Bedeutung für die Bildung der Grundform selbst ist, liegt darin, dass bei den Tetraphragmen zwei radiale Kreuzebenen vorhanden sind, die mit den beiden Richtebenen zusammenfallen, während die zwei interradialen Kreuzebenen zwischen letzteren liegen. Bei den Diphragmen dagegen ist nur eine radiale und eine interradiale Kreuzebene vorhanden, die sich unter rechten Winkeln schneiden, und es muss demnach die eine (und zwar die laterale) Richtebene mit der radialen, die andere (sagittale) Richtebene mit der interradialen Kreuzebene zusammenfallen.

Erste Art der orthostauren Autopolen:

Vierreifige. Tetraphragma.

(Vierstrahlige gleichpolige Bilateralformen.)

Stereometrische Grundform: Rhomben-Pyramide mit vier Antimeren.

Realer Typus: Saphenia (oder Draba) Taf. I, Fig. 10.

Die rhombische Pyramide, welche aus vier Antimeren zusammengesetzt ist und bei der mithin jeder Quadrant ein ganzes Antimer ist, bildet die Grundform vieler Siphonophoren-Stücke, einiger Medusen, einiger Cestoden, und ebenso der Blüthen einiger Dicotyledonen-Familien, namentlich der sehr umfangreichen Cruciferen-Familie. Bei den hierher gehörigen Siphonophoren und Medusen wird die Zusammensetzung der Rhomben-Pyramide aus vier Antimeren auf das Bestimmteste durch die Stufenreihe von allmähligen Uebergängen dargethan, durch welche die betreffenden vierzähligen Medusoide einerseits mit den unzweifelhaft vierzähligen regulären Medusen (regulären vierseitigen Pyramiden oder Tetractinoten), andererseits mit den tetrapleuren (d. h. ganz in die Zygopleuren-Form übergegangenen) Siphonophoren und Zaphrentiden verbunden sind. Bei den Cestoden wird dieser Beweis durch die 4 longitudinalen Gefässstämme und den Zusammenhang mit den tetractinoten Tetrarhynchen und den tetrapleuren Würmern geliefert; bei den Cruciferen-Blüthen dadurch, dass

jeder Blattkreis der Blüthe (also jedes Metamer), mit einziger Ausnahme des äusseren Staubfäden- und des Fruchtblatt-Kreises, aus vier Blättern besteht.

Die rhombische Pyramide der Tetraphragmen entsteht aus der quadratischen Pyramide der Tetractinoten einfach dadurch, dass von den 4 ursprünglich gleichmässig angelegten und nicht zu unterscheidenden Antimeren im Laufe der Entwickelung zwei gegenständige sich von den beiden mit ihnen alternirenden Antimeren differenziren. Dies geschieht entweder dadurch, dass sie besondere Organe entwickeln, welche den anderen ganz fehlen (z. B. die beiden Hapttentakeln der Saphenien), oder dadurch, dass sie hinter den anderen in der Entwickelung zurückbleiben, und dieselben Organe schwächer ausbilden oder verlieren, die bei den anderen beiden stärker werden (z. B. die Staubfäden der Cruciferen, von denen 2 gegenständige des äusseren Kreises abortiren). Es werden also die beiden auf einander senkrechten Radialebenen, welche bei den Tetractinoten gleich sind, bei den Tetraphragmen ungleich, und differenziren sich eben dadurch zu den beiden Richtebenen, der medianen oder sagittalen und der lateralen Ebene. (Vgl. Taf. I, Fig. 10 nebst Erklärung).

Die gestaltenreiche Klasse der Hydromedusen, und unter ihnen vorzugsweise die Ordnung der Hydroiden und Siphonophoren, zeigen uns die characteristische Tetraphragmen-Form am deutlichsten entwickelt, und zwar sind hier immer zugleich einerseits alle möglichen Uebergänge zur Tetractinoten-Form zu finden, welche die Entstehung der rhombischen aus der quadratischen Pyramide erläutern, während andererseits durch Differenzirung der Dickenaxen-Pole die autopole in die allopole Heterostauren-Form und zwar zunächst in die Eutetapleuren-, weiterhin auch in die Dystetrapleuren-Form übergeht.

Unter den Craspedoten oder cryptocarpen Medusen sind es nur einzelne Gattungen, welche die Grundform der Rhomben-Pyramide deutlich zeigen. Es wird dieselbe hier dadurch bezeichnet, dass an 2 entgegengesetzten Radien des vierstrahligen Glockenkörpers, und zwar an der Einmündungsstelle zweier gegenständiger Radialcanäle in den Ringcanal, sich zwei mächtige Tentakeln entwickeln, welche den beiden zwischenliegenden (dorso-ventralen) Radien fehlen. Bald sind diese beiden starken gegenständigen Randfäden (rechter und linker) die einzigen Tentakeln, bald sind ausser ihnen noch 4 schwächere vorhanden, die an allen 4 Radien gleichmässig vertheilt sind. Von der Familie der Cytaeiden ist die Gattung *Cybogaster*, von den Oceaniden *Stomotoca* (*Saphenia* Forbes), von den Geryonopsiden *Saphenia* (Eschscholtz) oder *Plancia* (Forbes) durch einen rechten und linken Haupttentakel ausgezeichnet (Fig. 10). In der Familie der Geryoniden macht sich dasselbe Verhältniss im Entwickelungscyclus der vierzähligen Liriopiden (*Liriope*, *Glossocodon*) dadurch geltend, dass alle Randorgane und also auch die Tentakeln paarweise hervorsprossen, zuerst ein gegenständiges Paar, und dann erst später das andere, damit alternirende Paar.

Unter den **Siphonophoren** ist die Tetraphragmen-Form besonders in der Familie der Physophoriden zu finden, so bei verschiedenen Arten der Gattungen *Agalma*, *Agalmopsis*, *Stephanomia*, wo namentlich die Schwimmglocken (Nectocalyces), seltener die Deckstücke (Hydrophyllia) die Rhomben-Pyramide deutlich erkennen lassen. Doch ist sie hier seltener als die Tetrapleuren-Form.

Von ganz besonderem morphologischen Interesse scheint uns das Auftreten der Tetraphragmen-Form bei den Metameren (Proglottiden) vieler Bandwürmer zu sein, weil durch dasselbe auf nahe morphologische Beziehungen derselben zu den Hydromedusen und dadurch auf einen möglichen Zusammenhang des Würmer- und Coelenteraten-Stammes hingedeutet wird, der auch aus anderen Gründen nicht unwahrscheinlich ist (Vgl. das VI. Buch).[1]) Wir finden bei den Cestoden-Proglottiden meistens 4 Längsgefässe des Excretionsapparates (ein dorsales, ein ventrales und zwei laterale), welche am hinteren (in der That aber oralen!) Rande der Proglottide durch ein Ringgefäss zusammenhängen. Letzteres entspricht nach unserer Ansicht dem Ringgefäss (Cirkel-Canal) der Hydromedusen, erstere dagegen den Radialcanälen. Während nun die tetractinoten Scolices, den homostauren Medusen entsprechend, alle 4 Antimeren gleich stark entwickelt zeigen, wird bei den heterostauren Proglottiden, welche den Saphenien etc. entsprechen, die Orthostauren-Form durch die paarigen Genitalien (rechtes und linkes) bestimmt.

Weit verbreiteter als im Thierreich ist die Tetraphragmen-Form im Pflanzenreich, wo namentlich die Blüthensprosse in der umfangreichen Familie der **Cruciferen** (Linnés Klasse der *Tetradynamia*) die Rhomben-Pyramide sehr ausgesprochen zeigen. Es ist hier die Blüthe ursprünglich vierzählig angelegt, mit 5 viergliederigen Blattkreisen. Von diesen sind in der Regel vollzählig ausgebildet 4 Kelchblätter, 4 Blumenblätter und 4 Staubfäden des inneren Kreises. Dagegen sind von den 4 Staubfäden des äusseren Kreises und ebenso von den 4 Fruchtblättern fast immer nur 2 gegenständige (das laterale Paar) ausgebildet, die beiden mit ihnen alternirenden aber (das dorsoventrale Paar) fehlgeschlagen. Nur ausnahmsweise, wie bei *Lepidium virginicum*, sind auch die beiden dorsoventralen Staubfäden des äusseren Kreises entwickelt (also 8 vorhanden) und bisweilen, wie bei *Lepidium ruderale*, sind diese allein entwickelt, die 6 übrigen abortirt. Auch bei anderen Dicotyledonen geht die Blüthe, welche als Quadrat-Pyramide (Tetractinote) angelegt ist, dadurch in die Form der Rhomben-Pyramide (Tetraphragme) über, dass von je 4 Antimeren eines oder mehrerer Blattkreise 2 gegenständige (dorso-ventrale) verkümmern und die beiden damit alternirenden (lateralen) allein sich ausbilden. Am häufig-

---

[1]) Wenn der von uns für wahrscheinlich gehaltene genealogische Zusammenhang der Cestoden und Hydromedusen wirklich existirt (wie er u. A. auch durch die vollkommene Homologie des Generationswechsels bei den Cestoden und Acraspeden (Strobila!) wahrscheinlich gemacht wird, so könnte der „Excretionsapparat" der ersteren (oder das „Wassergefässsystem") dem Gastrovascularsystem der Coelenteraten homolog erscheinen. Doch ist dies sehr zweifelhaft.

sten trifft diese Reduction die weiblichen Genitalien (so z. B. bei *Buffonia, Hamamelis, Hypecoum* etc); bei Anderen zugleich die männlichen Geschlechtstheile (so bei *Syringa, Olea, Phyllirea, Ligustrum* und anderen Oleaceen). Es ist also im ersten Falle der Breitendurchmesser durch die beiden Fruchtblätter ausgezeichnet, welche der Dickenaxe fehlen, im letzteren zugleich durch die beiden allein entwickelten Staubfäden.

Zweite Art der orthostauren Autopolen:

Zweireifige. Diphragma.

(Zweistrahlige gleichpolige Bilateralformen.)

Stereometrische Grundform: Rhomben-Pyramide mit zwei Antimeren.

Realer Typus: Petalospyris (oder Circaea) Taf. I, Fig. 13.

Die geometrische Grundform der Diphragmen ist, ebenso wie die der Tetraphragmen, die rhombische Pyramide. An und für sich betrachtet ist zwischen beiden Formen kein Unterschied vorhanden. Sobald man sie aber mit den nächsten Verwandten vergleicht, welche anderen Grundformen angehören, wird man gewahr, dass bei den Diphragmen der Körper bloss aus 2 congruenten Antimeren, bei den Tetraphragmen dagegen aus 4 kreuzweise stehenden Antimeren zusammengesetzt ist, von denen je 2 gegenständige congruent, je 2 benachbarte bloss ähnlich sind. Während ferner bei den Tetraphragmen 2 Paare von Kreuzebenen (2 radiale und 2 interradiale) ausgebildet sind, kann man bei den Diphragmen nur eine radiale und eine interradiale unterscheiden, von denen die erstere mit der lateralen, die letztere mit der sagittalen Richtebene zusammenfällt. Die beiden Antimeren müssen natürlich stets congruent sein, da die Rücken- von der Bauchseite ebenso wenig zu unterscheiden ist, als die Rechte von der Linken.

Die diphragme Orthostauren-Form findet sich als Grundform von morphologischen Individuen höherer Ordnung nur selten vor. Häufiger ist sie als Grundform von Organen, wie denn z. B. im Pflanzenreiche sehr viele „zweiklappige, zweifächerige" Früchte (Schoten oder Siliquae der Cruciferen etc.) hierher zu rechnen sind. Als Promorphe von Sprossen ist sie hier häufiger bei geschlechtslosen (zweizeilig beblätterten) als bei Geschlechts-Sprossen (z. B. Blüthen von *Circaea*). Unter den Protisten erscheint sie in höchst ausgezeichneter Weise vor Allen bei den Zygocyrtiden (*Petalospyris*, Rad. Taf. XII, Fig. 7, *Dictyospyris, Cladospyris* etc.) einer characteristisch gebildeten Radiolarien-Familie, ferner auch bei einigen anderen Rhizopoden derselben Classe (z. B. *Spyridobotrys* unter den Polycyrtiden). Ferner findet sie sich bei einigen niederen Würmern (Acanthocephalen) und bei einigen Coelenteraten (Siphonophoren).

Die Zygocyrtiden (welche den grössten Theil von Ehrenberg's „Spyridinen" enthalten) bilden eine besondere, sehr zierlich geformte Familie der Cyrtiden oder Korb-Radiolarien. Bei allen Zygocyrtiden besteht das Kieselskelet aus 2 durch eine tiefe Strictur getrennten Hälften, die vollkommen congruent sind. Die Strictur ist longitudinal oder genauer „sagittal", d. h. sie wird durch eine Ebene (die Sagittalebene) gebildet, deren Mittellinie die Längsaxe (Hauptaxe) ist, und in welcher die Dickenaxe (Dorsoventralaxe) liegt. Da beide Pole der Dickenaxe gleich sind, so kann man die beiden Antimeren (rechtes und linkes) nicht unterscheiden. Oft sind die beiden Richtaxen durch besondere, in den Richtebenen liegende Anhänge („Stacheln") der Kieselschale noch besonders deutlich bezeichnet, so namentlich bei *Petalospyris* (Rad. Taf. XII, Fig. 7; Ehrenberg, Mikrogeologie, Taf. XXXVI, Fig. 12, Fig. 25.) An die Zygocyrtiden schliessen sich dann noch einige andere Radiolarien aus der Cyrtiden-Familie an, und zwar aus der Subfamilie der Polycyrtiden, so namentlich *Spyridobotrys* (Rad. Taf. XII, Fig. 8, 9), wo ebenfalls die Schale aus 2 congruenten Antimeren besteht und durch jede der beiden Richtebenen (und allein durch diese!) in 2 congruente Hälften zerlegt wird.

Unter den Coelenteraten ist die Diphragmen-Form viel seltener, und erst aus der Tetraphragmen-Form durch vollständigen Abortus zweier gegenständigen Antimeren entstanden. Obgleich hier ursprünglich 4 Antimeren angelegt sind, bleibt schliesslich der Körper bloss noch aus den beiden lateralen Antimeren zusammengesetzt. Es ist dies der Fall bei den Schwimmglocken und namentlich bei den Deckstücken einzelner Siphonophoren, besonders aus der Abtheilung der Physophoriden (bei einigen Arten von *Agalma*, *Agalmopsis*, *Stephanomia* und Anderen). Jedoch können nur diejenigen Schwimmglocken (auch die Genitalglocken einiger Arten) hierhergestellt werden, bei denen in der That bloss 2 gegenständige Radialcanäle oder 2 gegenständige Ausstülpungen des Schwimmsackes gleichmässig ausgebildet sind und die beiden alternirenden fehlen oder ganz gleichmässig auf ein Minimum reducirt sind. Ebenso können von den Deckstücken (Hydrophyllien) nur diejenigen hierher zählen, bei denen die Mittelrippe des Deckblattes dasselbe in 2 völlig congruente Stücke theilt, deren jedes nur einem (aus 2 symmetrisch gleichen Hälften zusammengesetzten) Antimer entspricht.

Wie bei den Coelenteraten, so ist auch bei den Würmern die Diphragmen-Form seltener als die Tetraphragme, und wohl immer erst secundär aus letzterer hervorgebildet. Wir rechnen hierher eine Anzahl parasitischer darmloser Würmer, Acanthocephalen und Cestoden. Man pflegt die sämmtlichen Würmer, gleich allen Gliederfüssern, Mollusken und Wirbelthieren allgemein als „bilateral-symmetrische" zusammenzufassen. Es ist aber sehr bemerkenswerth, dass eine sehr grosse Anzahl von Würmern, und selbst höher stehende (Anneliden) sehr deutlich den Körper nicht aus zwei, sondern aus vier Antimeren zusammengesetzt zeigen. Ferner ist hervorzuheben, dass die unvollkommensten Thiere dieser grossen Abtheilung sich durch die mangelnde Differenz der Rücken- und Bauchseite noch unmittelbar den orthostauren Hydromedusen anreihen und daher nicht den

echten, allopolen Zygopleuren zugerechnet werden dürfen. Der einzige Zoologe, der dies Verhältniss bisher gewürdigt hat, ist **Bronn**, der in seinen morphologischen Studien diese „mit einem Pfeile vergleichbaren" Formen zwar zu den Hemisphenoiden (Dipleuren) stellte, aber doch die ganzen Keile oder Pfeile (Sphenoide oder Sagittale) als eine besondere Modification von den Halbkeilen (Hemisphenoiden) unterschied. In der That ist es bei den Acanthocephalen und bei den meisten Cestoden ganz unmöglich, durch ein inneres oder äusseres Merkmal die Rückenseite von der Bauchseite zu unterscheiden. Diese beiden, durch die Lateralebene getrennten Hälften sind vielmehr ebenso absolut congruent, als die durch die Medianebene getrennte rechte und linke Hälfte. Bei den Acanthocephalen sind die Lateralflächen (Rechts und Links) durch das in der Lateralebene liegende Paar der Lemnisken und ausserdem auch öfter durch die paarigen Hoden und Samenleiter scharf bestimmt, bei den Cestoden durch den rechts und links symmetrisch vertheilten Genitalapparat, und vielleicht auch durch den paarigen lateralen Nervenstamm. Bei den meisten Cestoden kommt dazu noch die äussere unpaare Genitalöffnung, welche bei den einzelnen auf einander folgenden Proglottiden abwechselnd rechts und links liegt. Erst bei denjenigen Cestoden, wo die unpaare Genitalöffnung auf die Bauchfläche rückt, wie bei *Bothriocephalus*, tritt eine Differenz zwischen Rücken- und Bauchfläche ein und es ist damit der Uebergang von der Diphragmen- zu der Eudipleuren-Form gegeben. Als echte Diphragmen können wir also nur diejenigen Bandwürmer auffassen, bei denen (wie bei *Taenia solium* und *T. mediocanellata*) wegen der seitlichen Lage der Genitalöffnungen (bald rechts, bald links) noch keine Differenz von Rücken und Bauch (ebenso wenig als von Rechts und Links) gegeben ist, und bei denen nur zwei Längsgefässstämme vorhanden und mithin nur 2 Antimeren (das laterale Paar) vorhanden, die beiden anderen (dorsales und ventrales) verkümmert sind. Diese sind eben so unzweifelhaft zweizählig, wie alle Acanthocephalen. Dagegen müssen wir die orthostauren Cestoden mit 4 Längsgefässstämmen zu den Tetraphragmen stellen, wie oben geschehen ist. Als reguläre (homostaure) Tetractinoten endlich sind jene Cestoden-Scolices zu betrachten, bei denen nicht allein die beiden Polhälften jeder Kreuzaxe unter sich congruent, sondern auch die beiden Kreuzaxen selbst gleich sind, so dass der ganze Körper in 4 congruente Stücke zerlegt werden kann: die meisten Tetraphyllideen, Phyllobothriden (*Echeneibothrium*), Phyllacanthiden (*Acanthobothrium*) und Phyllorhynchiden (*Tetrarhynchus*). Bei diesen und vielen anderen Bandwürmern ist der Scolex mit 4 gleichen Saugnäpfen oder Hakenrüsseln versehen, und die inneren Apparate, die zu jedem Saugnapfe (oder Hakenrüssel) gehören, Muskeln, Nerven, Scheiden etc. sowie namentlich die 4 Längsstämme des Excretionsapparates sind als vier absolut gleiche Stücke vollkommen radial um die Längsaxe vertheilt. Die vollkommene Uebereinstimmung in der Grundform dieser rein tetractinoten Bandwürmer und der regulären vierstrahligen Hydromedusen, auf welche wir schon oben aufmerksam machten, wird dann noch dadurch vervollständigt, dass in den Hakenkränzen der Scolices die einzelnen Haken ebenso

regulär als Radien in einen vollständigen Kreis gestellt sind, wie die (homologen?) Tentakeln der Hydromedusen.

Die merkwürdige Gruppe der Bandwürmer bietet so nicht nur ein besonderes morphologisches Interesse hinsichtlich ihrer Tectologie (vergl. oben p. 353), sondern auch bezüglich ihrer Promorphologie. Sie deutet durch die reine „Strahlthier-Form“ ihrer niedersten Stufen, die von der Tetractinoten-Form der Hydromedusen promorphologisch nicht verschieden ist, auf die nahen und vielleicht genealogischen Beziehungen der Würmer zu den Coelenteraten hin. Sie zeigt uns aber auch aufs Klarste die allmählige Hervorbildung höherer („symmetrischer“) aus niederen („regulären“) Grundformen. Ausgehend von der regulären vierseitigen Pyramide der Tetractinoten (*Tetrabothrium*, *Tetrarhynchus*, Scolex der Taeniaden) erhebt sie sich durch Differenzirung der beiden gleichen Kreuzaxen zur Rhomben-Pyramide der tetraphragmen Orthostauren (Proglottiden mit vier Längsgefässen), geht dann durch Reduction des einen (dorsoventralen) Antimeren-Paares in die diphragme Orthostauren-Form über (Proglottiden mit zwei Längsgefässen) und erhebt sich schliesslich durch Differenzirung von Rücken- und Bauchseite (*Bothriocephalus*) zur halben Rhomben-Pyramide der Eudipleuren, der höchsten Form der Zeugiten.

Zweite Gattung der heterostauren Stauraxonien:

Halb-amphithect-pyramidale Grundformen: Allopola.

Centrepipeda. Zeugita.

Organische Grundformen mit Centralebene.

(Bilateral-symmetrische Formen der Autoren in der zweiten (weiteren) Bedeutung des Begriffes).

(Halbkeile oder Hemisphenoide, Bronn).

Stereometrische Grundform: Halbe amphithecte Pyramide.

Die Formengruppe der Zeugiten oder allopolen Heterostauren ist die letzte und am meisten differenzirte, zugleich aber auch die wichtigste und gestaltenreichste von allen Haupt-Formengruppen, die wir durch Untersuchung der Axen der organischen Formen und ihrer Pole ermittelt haben. Es gehören hierher aus dem Thierreiche die meisten sogenannten bilateral-symmetrischen Thiere im dritten Sinne dieses Ausdrucks, nämlich sämmtliche Wirbelthiere, Gliederfüsser Weichthiere und die meisten Würmer, ferner eine sehr grosse Anzahl von Echinodermen (die sogenannten irregulären), viele Coelenteraten (z. B. die Zaphrentiden und viele Siphonophoren) und eine Anzahl von Rhizopoden. Ebenso häufig ist diese Grundform im Pflanzenreiche, wo die meisten sogenannten „irregulären Blüthen“, z. B. von den Gräsern, Orchideen, Leguminosen, Umbelliferen, Compositen, Labiaten und viele andere hierher zu ziehen sind. Die grösste Wichtigkeit erlangt hier überall die allopole Heterostaurenform als die allgemeine Grund-

form der meisten höher organisirten Personen und Metameren. Aber auch der Form der Antimeren und Organe liegt sie sehr allgemein zu Grunde, seltener der Form der Plastiden und Cormen. So können wir denn wohl diese Grundform als die wichtigste und der grössten Anwendung fähige vor allen Grundformen auszeichnen.

Der auszeichnende Character, der alle zu den allopolen Heterostauren gehörigen Formen auf den ersten Blick erkennen lässt, besteht darin, dass der Körper durch eine mittlere Theilungsebene (Centralebene) und nur durch diese! in zwei symmetrisch gleiche Hälften zerlegt werden kann, von denen die eine das Spiegelbild der anderen ist. Es ist also Mundseite und Gegenmundseite (welche gewöhnlich dem Vorn und Hinten entsprechen) verschieden, ebenso Rückenseite und Bauchseite (die meistens dem Oben und Unten entsprechen) verschieden, die beiden Lateralseiten dagegen, Rechts und Links, symmetrisch-gleich (oder ähnlich), aber nicht congruent. Während wir daher bei den autopolen Heterostauren den Körper noch durch zwei auf einander senkrechte Ebenen, nämlich durch jede der beiden Richtebenen, in zwei congruente Stücke zerlegen konnten, ist der Körper der allopolen überhaupt nicht in zwei congruente Stücke zerlegbar. Es beruht diese Eigenschaft darauf, dass die beiden Richtebenen, welche als zwei auf einander senkrechte ungleiche Meridianebenen alle Heterostauren als solche auszeichnen (siehe oben p. 477), bei den autopolen sich gegenseitig halbiren, während bei den allopolen bloss die eine oder gar keine von der anderen halbirt wird. Wir drücken diesen Gegensatz kurz dadurch aus, dass wir sagen: „Bei den autopolen Heterostauren oder Toxomorphen (Sagittalien) sind die beiden Pole (Polflächen oder Polstücke) jeder der beiden Richtaxen gleich, bei den allopolen dagegen sind die beiden Pole nur der einen Richtaxe (Lateralaxe), oder gar keiner von beiden, gleich.

Die Centralebene, welche die einzige Halbirungsebene der allopolen Heterostauren ist, fällt zusammen mit der allen Heterostauren gemeinsamen Medianebene, die durch die Hauptaxe und die eine Richtaxe (Dorsoventralaxe) gelegt wird. Bei den Autopolen (Toxomorphen) theilt die Medianebene ihre Fähigkeit, den Körper zu halbiren, mit der Lateralebene und es sind also hier gewissermassen zwei Centralebenen vorhanden. Die eigentliche Körpermitte bleibt daher hier immer noch eine Linie, nämlich die Schnittlinie der beiden rechtwinkelig gekreuzten Centralebenen oder die Hauptaxe. Bei den allopolen Heterostauren allein wird die Mitte des Körpers zur Ebene. Will man diese characteristische Eigenschaft der allopolen Heterostauren durch ihre Benennung ausdrücken, so kann man ihnen ganz passend den Namen der Centre-

pipeda beilegen, im Gegensatz zu den bisher betrachteten Formen, bei denen die Mitte entweder durch eine gerade Linie (Centraxonia) oder durch einen Punkt (Centrostigma) gegeben war. Für diesen bezeichnenden Character der Centrepipeden, ihre Halbirbarkeit in nur einer einzigen Richtung, ist es gleichgültig, ob der Körper dieser Thiere aus zwei oder aus mehr als zwei Antimeren zusammengesetzt ist. Schon hieraus ergiebt sich die Unrichtigkeit des Systems von Burmeister, der zwar diesen Hauptcharacter der Bilateralthiere, seiner symmetrischen Thiere, ganz richtig erfasste, aber trotzdem die bilateralen Echinodermen, welche diesen Character so deutlich ausgesprochen tragen, zu den regulären Strahlthieren stellte, in der That also die Zahl der Antimeren, und nicht die Symmetrie, als oberstes Eintheilungs-Princip gelten liess. Da die Ausdrücke „Centrepipeden“ oder „allopole Heterostauren“, obwohl sie den Character der hierher gehörigen Formen vollkommen bezeichnen, doch etwas schleppend sind, der Ausdruck „Bilateral-Symmetrische“ aber ganz ohne bestimmte Bedeutung ist, so wird es vielleicht am passendsten erscheinen, alle hierher gehörigen Formen kurz als Zeugiten[1]) zu bezeichnen.

Die allgemeinen morphologischen Eigenschaften der Zeugiten oder Centrepipeden sind sehr bestimmte, so dass, wenn man dieselben nur einigermaassen scharf ins Auge fasst, ihre Unterschiede von den autopolen Heterostauren oder Toxomorphen, mit denen sie oft verwechselt worden sind, sehr deutlich hervortreten. Bei allen Zeugiten sind die beiden Körperhälften, welche durch die Medianebene getrennt werden, symmetrisch-gleich oder ähnlich, aber niemals congruent. Die eine Hälfte ist das Spiegelbild der anderen, kann sie aber niemals decken oder ersetzen. Bei der grossen Mehrzahl aller Centrepipeden sind diese beiden Hälften, welche wir als Rechte und Linke zu unterscheiden gewohnt sind, symmetrisch-gleich; es wiederholen sich also die sämmtlichen Theilchen jeder Körperhälfte in der gleichen Zahl und Grösse und der gleichen relativen, aber der entgegengesetzten absoluten Lagerung ebenso auf der entgegengesetzten Körperhälfte; wesentlich ist nur der Unterschied, dass die gleiche Entfernung der Theilchen von der gemeinsamen Medianebene in beiden Hälften nach entgegengesetzten Richtungen erfolgt. Bei einem anderen Theile der Centrepipeden dagegen, wie bei den Pleuronectiden, den Paguriden, den spiralig aufgerollten Gasteropoden etc. sind die beiden Körperhälften nur symmetrisch-ähnlich; insofern durch etwas stärkere einseitige Entwickelung die eine Hälfte das Uebergewicht über die andere erhält, und sie durch Grösse oder Theilchen-Zahl übertrifft,

[1]) ζευγίτες, das paarweis Verbundene.

während doch dieselben wesentlichen Organe bei Beiden in derselben Zahl und Verbindung angelegt sind; die Linke wird also dann der Rechten nicht nur entgegengesetzt, sondern auch ungleich, bleibt ihr aber dennoch mehr oder weniger vollkommen ähnlich. Nach diesem wichtigen Unterschiede können wir unter den allopolen Heterostauren zwei Gruppen unterscheiden, indem wir die symmetrisch-gleichen Formen als Homopleura, die symmetrisch-ähnlichen, aber ungleichen, als Heteropleura bezeichnen.

Die letzterwähnte Differenz lässt sich wiederum sehr einfach darauf zurückführen, dass bei der einen Abtheilung, den Homopleuren, bloss die beiden Pole der einen (dorsoventralen) Richtaxe ungleich werden, während diejenigen der anderen (lateralen) Richtaxe gleich bleiben; bei den Heteropleuren dagegen werden die beiden Pole beider Richtaxen ungleich, oft in so hohem Grade, dass die Centrepipedie dadurch stark gestört wird, wie bei den Pleuronectiden, den spiral aufgerollten Gasteropoden, vielen Siphonophoren, Cyrtiden u. s. w. Die homopleuren Zeugiten oder die „streng bilateral-symmetrischen Thiere" unterscheiden sich demnach von allen anderen Heterostauren dadurch, dass von den drei auf einander senkrechten ungleichen Euthynen eine (die Lateralaxe) gleichpolig, die beiden anderen (Dorsoventral- und Hauptaxe) ungleichpolig sind, während bei den heteropleuren Zeugiten, bei denen auch Rechte und Linke sich differenziren, alle drei Richtaxen ungleichpolig sind.

So wichtig die Unterscheidung der homopleuren und heteropleuren Zeugiten im Princip erscheinen könnte, so unwichtig und ohne tiefere Bedeutung für das Wesen der Grundform stellt sie sich doch in der praktischen Morphologie heraus, indem die Differenzirung der rechten und linken Körperhälfte oder der beiden Pole der Lateralaxe niemals diejenige Bedeutung für die Form gewinnt, welche die Differenzirung der beiden Pole der Dorsoventralaxe und der Hauptaxe allgemein besitzt. Ganz streng genommen ist die Heteropleurie unter den Zeugiten sehr weit verbreitet, indem nur selten rechte und linke Hälfte ganz genau bis in die kleinsten Einzelheiten der Form und Grösse übereinstimmen. Trotzdem werden diese feineren Differenzen mit Recht bei der gewöhnlichen allgemeinen Formbetrachtung nicht berücksichtigt und nur solche Formen als echte Heteropleuren betrachtet, bei denen die Ungleichheit der symmetrisch-ähnlichen rechten und linken Seitenhälfte augenfällig hervortritt, wie die Pleuronectiden, die spiralig aufgerollten Gasteropoden, die Pleuroconchen unter den Acephalen, die Abyliden unter den Siphonophoren u. s. w.

Die Antimeren-Zahl hat bei der bisherigen Betrachtung der Zeugiten, indem man sie alle als bilateral-symmetrische Formen zusammenfasset, gar keine Berücksichtigung gefunden, und doch ist es von der

grössten Wichtigkeit für die Beurtheilung und Unterscheidung der verschiedenen Zeugiten-Formen, ob dieselben aus zwei Antimeren bestehen, wie bei den Wirbel-, Weich- und Gliederthieren, oder aus vier, wie bei den meisten Würmern; aus drei Antimeren, wie bei den Orchideen, oder aus fünf, wie bei den irregulären Echinodermen, den Leguminosen und vielen Anderen. Wir werden auf Grund dieser Verschiedenheiten zunächst die Formengruppe der allopolen Heterostauren in zwei Abtheilungen zu zerfällen haben, die den beiden Abtheilungen der autopolen entsprechen. Den orthostauren Autopolen mit zwei oder vier Antimeren correspondiren die zygopleuren Zeugiten mit zwei oder vier Antimeren, bei denen nur eine oder zwei radiale und eben so viele interradiale Kreuzebenen vorhanden sind; den oxystauren Autopolen mit sechs, acht oder mehr Antimeren entsprechen die amphipleuren Zeugiten mit drei, fünf oder mehr Antimeren, bei denen mindestens drei radiale oder semiradiale Kreuzebenen ausgesprochen sind. In jeder dieser Abtheilungen können homopleure und heteropleure Formen vorkommen. Jedoch sind die Heteropleuren unter den Amphipleuren sehr selten.

Die geometrische Grundform der Zeugiten oder allopolen Heterostauren ist die halbe amphithecte Pyramide; wir erhalten sie also dadurch, dass wir die Grundform der autopolen Heterostauren mittelst eines Schnittes halbiren, welcher durch eine der beiden Richtebenen geht. Dasselbe gilt auch von den beiden correspondirenden Abtheilungen der beiden Formengruppen; die allgemeine Grundform der Zygopleuren ist demnach die Hälfte einer amphithecten Pyramide mit vier Seiten oder die halbe Rhomben-Pyramide. Die Grundform der Amphipleuren ist die Hälfte einer amphithecten Pyramide von $4+2n$ Seiten. Doch gelten diese Gesetze, welche sich den oben berührten promorphologischen Hemiedrie-Gesetzen anschliessen, streng genommen nur für die Homopleuren in beiden Abtheilungen, da die Ungleichheit der beiden Seitenhälften, welche bei den Heteropleuren hervortritt, die scharfe Bestimmung einer allgemeinen geometrischen Grundform sehr erschwert. Zunächst scheinen sich diese höchst differenzirten Grundformen durch die so hervortretende Unregelmässigkeit unmittelbar wieder den am tiefsten stehenden, den Amorphen oder Anaxonien anzuschliessen. Zum Theil sind sie auch, gleich den letzteren, als vollkommen „irreguläre“ oder „asymmetrische“ Formen angesehen worden. Indessen ist nicht zu vergessen, dass trotz der starken Differenzirung der ungleichen Antimeren, und dadurch auch der Seitenhälften, doch die Pyramidalform durch die Zahl der Antimeren und das Verhältniss der ungleichpoligen Hauptaxe zu den Kreuzaxen bestimmt bleibt. Die allgemeine Grundform der Heteropleuren ist demnach die irreguläre Pyramide.

Erste Untergattung der Zeugiten:

Schienige Grundformen. Amphipleura.

(Heterostaura allopola amphipleura.)

(Strahlige ungleichpolige Bilateralformen.)

(Sogenannte „bilateral-symmetrische Strahlformen.“)

Stereometrische Grundform: Halbe amphithecte Pyramide von 4 + 2 n Seiten.

Die Abtheilung der amphipleuren Zeugiten oder der **Amphipleuren**, wie wir sie kurzweg nennen wollen, steht zwar an Ausdehnung weit hinter derjenigen der Zygopleuren zurück, umfasst aber eine Reihe von höchst interessanten und wichtigen Grundformen, die den bisherigen Betrachtungs-Versuchen, welche bloss von der äusseren Form ausgingen und die Axen vernachlässigten, unübersteigliche Hindernisse bereiteten. Die Grundform aller Amphipleuren ist die Hälfte einer amphithecten Pyramide von 4 + 2n Seiten, und zwar muss die Seitenzahl dieser Pyramide stets doppelt so gross sein, als die Zahl der Antimeren. Es ist also die Grundform der dreizähligen Amphipleuren die Hälfte einer sechsseitigen, die Grundform der fünfzähligen Amphipleuren die Hälfte einer zehnseitigen amphithecten Pyramide u. s. w.

Da die homotypische Grundzahl, welche bei den Amphipleuren demgemäss drei, fünf, sechs oder mehr (n) ist, stets der Zahl der radialen oder semiradialen Kreuzebenen gleich sein muss, so müssen sich hier mindestens drei semiradiale oder radiale Kreuzebenen finden, welche sich unter spitzen Winkeln schneiden.

Von den zahlreichen Arten der Amphipleuren, die nach der verschiedenen Antimerenzahl (drei, fünf, sechs oder mehr) möglich wären, finden sich, ebenso wie von den amphithecten Pyramiden, nur sehr wenige in der Natur verkörpert, nämlich vier verschiedene Arten: siebenzählige, sechszählige, fünfzählige und dreizählige. Von diesen sind die beiden ersten Arten im Ganzen selten, die beiden letzten dagegen in sehr grosser Ausdehnung und Mannichfaltigkeit entwickelt. Zu den dreizähligen oder Triamphipleuren gehören nur sehr wenige Protisten, nämlich eine Anzahl von Radiolarien aus der Cyrtiden-Familie, dagegen eine sehr grosse Zahl von Pflanzen-Blüthen, nämlich di[illegible] meisten sogenannten unregelmässigen Monocotyledonen-Blüthen, v[illegible] den Orchideen, Gramineen, Cyperaceen etc. Die fünfzähligen o[illegible] Pentamphipleuren sind im Thierreiche sehr zahlreich vertreten d[illegible] die sogenannten irregulären oder bilateral-symmetrischen Echinode[illegible] aber auch unter den Dicotyledonen im Pflanzenreiche äusserst zahl[illegible] es gehören dahin die grossen Familien der Leguminosen, Comp[illegible] Umbelliferen, Labiatifloren und sehr viele Andere.

Erste Art der Amphipleuren:

Siebenschienige. Heptamphipleura.

Siebenstrahlige ungleichpolige Bilateralformen.

Stereometrische Grundform: Halbe vierzehnseitige amphithecte Pyramide.

Realer Typus: Disandra.

Die siebenstrahlige Amphipleurenform ist, wie alle siebenzähligen Grundformen, sehr selten, findet sich jedoch sehr deutlich in den Blüthensprossen einiger dicotyledonen Phanerogamen ausgesprochen, namentlich in der Veroniceen-Gattung *Disandra* (Subgenus von *Sibthorpia*, Familie der Scrophularineen). Die meisten Blüthentheile sind hier in Siebenzahl vorhanden, der Kelch siebenblättrig, die Krone siebentheilig, mit sieben Staubfäden. Die sieben Antimeren sind aber in der Art ungleich und zweiseitig geordnet, dass die ganze Blüthe deutlich in zwei symmetrisch gleiche Seitenhälften zerfällt. Auch die Frucht ist zweifächerig (eudipleurisch). Weniger deutlich ausgesprochen findet sich die Heptamphipleurie bei einigen anderen Blüthen, z. B. einigen Arten der Rosskastanien *(Aesculus)*. Die allgemeine Grundform aller dieser bilateralen Siebenschienigen ist die Hälfte einer amphithecten Pyramide von vierzehn Seiten.

Zweite Art der Amphipleuren:

Sechsschienige. Hexamphipleura.

(Sechsstrahlige ungleichpolige Bilateralformen.)

Stereometrische Grundform: Halbe zwölfseitige amphithecte Pyramide.

Realer Typus: Oculina (Taf. I, Fig. 3).

Zu den zahlreichen interessanten Grundformen, welche man bisher noch gar nicht beachtet, sondern unter dem nichtssagenden Collectivbegriff der „Unregelmässigen“ zusammengeworfen hat, gehört auch eine Anzahl von Corallenpolypen oder Anthozoen. Man pflegt allgemein die Glieder dieser Klasse sämmtlich als „reguläre Strahlthiere“ (also als Homostauren) zu betrachten; mit demselben Rechte könnte man aber auch alle dicotyledonen Blüthen als solche erklären, wenn man nämlich die zahlreichen Ausnahmen nicht berücksichtigt. Allein schon in der Abtheilung der Sclerodermen kommen viele Ausnahmen von der herrschenden Homostauren-Form vor. Wir werden solche aus der Rugosen-Gruppe in den Zaphrentiden kennen lernen (Eutetrapleuren), aus der Perforaten-Ordnung in den Madreporen (Hexaphragmen); in der Eporosen-Ordnung gehört dahin die Familie

der Oculiniden. Dieselbe zerfällt in zwei Subfamilien, die Stylasteraceen und Oculinaceen; erstere zeigen die reguläre Hexactinoten-Form, letztere dagegen eine sehr ausgezeichnete Modification derselben, welche wir hier als Hexamphipleuren aufstellen müssen. Diese eigenthümliche sechsstrahlige Bilateralform findet sich auch bei einigen Phanerogamen-Blüthen, z. B. bei mehreren Lythraceen (*Cuphea* und gewissen Blüthen von *Lythrum*). Die Grundform derselben ist die Hälfte einer amphithecten Pyramide von zwölf Seiten. Es sind nämlich bei diesen Lythraceen ebenso wie bei den Oculinaceen die sechs Antimeren in der Art differenzirt, dass wir drei verschiedene Paare derselben unterscheiden können, ein dorsales, ein laterales und ein ventrales Antimeren-Paar (vergl. z. B. *Oculina virginea*, *Lophelia prolifera*, *Amphelia oculata* etc.). Die beiden Antimeren jedes Paares sind unter sich symmetrisch gleich, dagegen nicht zwei Antimeren congruent, wie es bei den Hexactinoten alle sechs sind. Die zwei dorsalen Antimeren sind am stärksten, die zwei ventralen am schwächsten entwickelt; die zwei lateralen zeigen einen mittleren Entwickelungsgrad. Der ganze Kelch der Oculinaceen (oder der Einzelpolyp) zerfällt also durch eine Medianebene in zwei symmetrisch gleiche Hälften, deren Rückentheil viel stärker ausgebildet ist, als der Bauchtheil (Taf. I, Fig. 3). Es zeigt sich dies am Skelet meistens sehr deutlich darin ausgesprochen, dass das unpaare mediane Septum dorsale (a_4), welches die beiden Rücken-Antimeren trennt, viel stärker, dagegen das unpaare mediane Septum ventrale (a_1), welches die beiden Bauch-Antimeren trennt, viel schwächer entwickelt ist, als die vier übrigen, lateralen Septa. Unter den letzteren sind wiederum die beiden Septa dorso-lateralia (welche das dorsale und laterale Antimeren-Paar scheiden) oft stärker entwickelt, als die beiden Septa ventro-lateralia (welche das ventrale und laterale Antimeren-Paar scheiden). Bei vielen Oculinaceen ist ausserdem der Kelch sehr stark in der Richtung der Lateralaxe verkürzt (zusammengedrückt), in der Richtung der Dorsoventralaxe dagegen entsprechend verlängert.

Dritte Art der Amphipleuren:

Fünfschienige. Pentamphipleura.

(Fünfstrahlige ungleichpolige Bilateralformen.)

Stereometrische Grundform: Halbe zehnseitige amphithecte Pyramide.

Realer Typus: Spatangus (oder Viola) Taf. I, Fig. 7.

Von allen organischen Grundformen hat vielleicht die Pentamphipleuren-Form die meisten Schwierigkeiten der Deutung veranlasst. Bei ihrer weiten Ausbreitung im Thierreiche, wo die sogenannten

bilateralen oder irregulären Echinodermen, und im Pflanzenreiche, wo die irregulären oder symmetrischen Blüthen der fünfzähligen Dicotyledonen nach dieser Grundform gebaut sind, ist sie schon vielfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, aber wegen mangelnder oder ungenügender Berücksichtigung der Axen und ihrer Pole niemals in ihrem Wesen richtig erkannt worden. Und doch ist gerade das Verständniss dieser Grundform, sobald man letztere gehörig berücksichtigt und die Antimeren-Differenzirung ins Auge fasst, ebenso leicht als interessant. (Vergl. Taf. I, Fig. 7, nebst Erklärung).

Die allgemeine stereometrische Grundform der fünfstrahligen Amphipleuren ist die Hälfte einer zehnseitigen amphithecten Pyramide. Es ist diese Form stets aus fünf ungleichen Antimeren zusammengesetzt, die sich so beiderseits der Medianebene gruppiren, dass der Körper aus zwei symmetrisch gleichen Hälften zusammengesetzt erscheint. Die Antimeren vertheilen sich auf zwei hinter einander liegende Paare und ein vor ihnen in der Mitte liegendes unpaares Stück. Wenn wir von der Betrachtung der Echinodermen ausgehen, so gewinnen wir feste Bezeichnungen für jedes der fünf Antimeren, die wir dann auf die entsprechenden Stücke der Dicotyledonen-Blüthen übertragen können.[1])

Dasjenige Antimer, welches den vier anderen paarigen als unpaares gegenübersteht, liegt bei den amphipleuren Echinodermen in der Mitte der Bauchseite und kann daher als ventrales bezeichnet werden (Fig. 7, $ci_1 r_1 i_2$). Die zunächst an dieses anstossenden beiden mittleren Antimeren (r_2 und r_5) werden dann passend als laterales Paar, und endlich die beiden folgenden, dem unpaaren gerade gegenüberstehenden als dorsales Paar bezeichnet (r_3 und r_4). An jedem der beiden Paare kann dann weiter ein rechtes und linkes Stück unterschieden werden. Die Summe des ventralen und der beiden lateralen Antimeren wird bei den Echinodermen als Trivium, das dorsale Paar im Gegensatz dazu als Bivium bezeichnet.

Das unpaare oder ventrale Antimer ist, für sich allein betrachtet, eudipleurisch, während jedes der vier anderen in der Regel dysdipleurisch ist. Die beiden Stücke jedes Paares sind unter sich symmetrisch gleich. Jedes Stück eines Paares ist ähnlich jedem des anderen und zwar positiv ähnlich dem auf derselben, negativ ähnlich dem auf der entgegengesetzten Seite liegenden Antimer des anderen Paares. Das ventrale Antimer ist meist sehr auffallend von den vier

---

[1]) Ueber die Begründung der im Folgenden angewandten, hier als festgestellt vorausgesetzten Auffassung und anatomischen Deutung der Echinodermen-Theile, sowie über ihre allgemeine Topographie und Orismologie ist mein Aufsatz über die Grundformen der Echinodermen nachzusehen.

anderen verschieden. Die Medianebene des ventralen Antimeres fällt mit der Medianebene des ganzen Körpers zusammen, während die Medianebenen der vier anderen Antimeren damit spitze Winkel bilden. Die Grenze des Bivium und Trivium in Fig. 7 ist $i_3 ci_5$.

Die meisten Pentamphipleuren sind rein **homopleurisch**, mit symmetrisch gleicher rechter und linker Seitenhälfte; sehr selten sind letztere auffallend ungleich, so z. B. bei einigen **heteropleuren** Arten von *Saxifraga (S. sarmentosa* u. A.).

Die vergleichende Morphologie der amphipleuren Echinodermen ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden, da in den verschiedenen Klassen dieses Stammes die verschiedensten Uebergänge von der reinen fünfseitigen regulären Pyramide der Pentactinoten bis zur extremsten Ausbildung der halben zehnseitigen amphithecten Pyramide vorkommen. Unzweifelhafte und meist sehr ausgeprägte pentamphipleure Echinodermen sind: 1) die amphipleuren oder sohligen Holothurien (*Thelenota, Psolus, Lepidopsolus* etc.), 2) die meisten sogenannten exocyclischen oder irregulären Seeigel, 3) ein kleiner Theil der Crinoiden, namentlich *Eleutherocrinus* von den Blastoideen und viele Cystideen. An diese schliessen sich dann die „subregulären" Echinodermen an, die bei oberflächlicher Betrachtung regulär (pentactinot) erscheinen, bei denen aber durch irgend ein untergeordnetes Merkmal, z. B. die excentrische Lage des Afters oder die besondere Ausbildung oder den Mangel eines der 5 Genitalporen das unpaare ventrale Antimer dennoch deutlich bezeichnet ist; dahin gehören 1) die sogenannten regulären oder „nicht sohligen" Holothurien; 2) die sogenannten regulären Echiniden; 3) die Seesterne mit excentrischem After; 4) die allermeisten Crinoiden. Nicht selten finden sich hier, namentlich unter den Spatangiden, Uebergänge zur Eutetrapleuren-Form, indem das unpaare Antimer sehr reducirt wird.

Unter den Dicotyledonen gehören zu den Pentamphipleuren die Geschlechtspersonen oder Blüthensprosse von vielen der vollkommensten, umfangreichsten und mannichfaltigsten aller Pflanzenfamilien, so namentlich die Compositen, Umbelliferen, Labiaten, Leguminosen, Violaceen etc. Auch hier kommt es aber vor, dass zwischen der extremsten Amphipleurie und der reinsten Pentactinoten-Form alle Uebergänge, oft in einer und derselben Blüthen-Gesellschaft, existiren, so z. B. zwischen den centralen und peripherischen (Strahlen-)Blüthen der Compositen und Umbelliferen. Die Pentamphipleurie tritt bei Vielen dieser Blüthen nicht minder auffallend hervor, als bei den Spatangen. Besonders ausgezeichnet sind die Leguminosen (Fig. 7); das Blumenblatt des ventralen unpaaren Antimeres bildet hier die grosse Fahne (Vexillum); die Petala der beiden lateralen Antimeren sind die sogenannten Alae oder Flügel; die Blumenblätter der beiden dorsalen Antimeren sind zu dem Kiel (Carina) verwachsen. Bei den strahlenden Umbelliferen-Blüthen und den Zungenblüthen der Compositen ist entweder bloss das Blumenblatt des ventralen unpaaren Antimeres, oder die 3 Petala des ganzen Trivium bedeutend stärker entwickelt, als das dorsale Bivium. Dies gilt auch von den Labiaten, bei denen die „Unterlippe" der Lippenblüthe aus dem unpaaren ventralen und dem Paar der lateralen Stücke, die

„Oberlippe“ dagegen aus den beiden dorsalen Antimeren gebildet wird. Seltener sind die letzteren stärker, als die ersteren. Bisweilen geht das ventrale Antimer ganz oder fast ganz verloren, wie bei vielen Labiatifloren; dann ist sowohl die Unterlippe als die Oberlippe zweilappig oder zweizähnig. Ausser diesen auffallend amphipleuren Blüthen sind, strenggenommen, auch noch sehr viele andere fünfzählige Blüthen zu den Pentamphipleuren zu ziehen, welche scheinbar pentactinot sind, aber dennoch, wie die subregulären Echinodermen, mehr oder minder deutliche Abweichungen von der vollkommen regulären fünfseitigen Pyramide zeigen. Dahin gehören insbesondere viele Blüthen, bei denen durch Abortus einzelner Glieder eines oder mehrerer Blattkreise (Metameren) die Centralebene der Zeugiten ausgeprägt wird. Hier ist dann zwar im Ganzen die „Blumenkrone regelmässig“, aber dennoch dadurch bilateral, dass ein oder mehrere Antimeren in Bezug auf andere Blattkreise der Blüthe unvollständig sind, wie z. B. die 4 Nüsse der fünfzähligen Asperifolien, die 8 Staubfäden des fünfzähligen Ahorn, die 3 Griffel der fünfzähligen *Staphylea* u. s. w.

Vierte Art der Amphipleuren:

Dreischienige. Triamphipleura.

(Dreistrahlige ungleichpolige Bilateralformen.)

Stereometrische Grundform: Halbe sechsseitige amphithecte Pyramide.

Realer Typus: Orchis (oder Dictyophimus) Taf. I, Fig. 5.

Die Triamphipleuren-Form besitzt eine grosse Bedeutung für das Pflanzenreich, indem eine grosse Anzahl von Monocotyledonen-Blüthen hierher gehört. Dagegen kommt sie im Thierreiche nur selten vor und ist im Protistenreiche auf einige Radiolarien beschränkt. Von den drei Antimeren der Triamphipleuren kann das unpaare, welches selbst gewöhnlich eudipleurisch ist, wie bei den Pentamphipleuren als ventrales bezeichnet werden, und die beiden paarigen, welche meist dysdipleurisch sind, können diesem dann, wie bei den ersteren, als dorsale gegenübergestellt werden. Bei den meisten Triamphipleuren ist der Körper streng homopleurisch und dann sind die beiden dorsalen Antimeren unter einander symmetrisch gleich.

Im Protistenreiche wird die Grundform der dreistrahligen Amphipleuren durch eine Gruppe von morphologisch sehr interessanten, wenn auch nicht zahlreichen Radiolarien aus der Cyrtiden-Familie vertreten, welche den Subfamilien der Dicyrtiden und Stichocyrtiden angehören. Es schliessen sich diese Formen, welche zugleich dreistrahlig und zweiseitig symmetrisch sind, den Triactinoten (Homostaura anisopola triactinota) unmittelbar an, unterscheiden sich aber durch die Ungleichheit der drei Kreuzaxen, von denen entweder zwei gleich, die dritte ungleich, oder aber alle drei ungleich sind. Nur im ersteren Falle (Homopleura) tritt die bilaterale Symmetrie deutlich hervor und

lässt sich eine Medianebene feststellen, welche den Körper in zwei symmetrisch gleiche Hälften trennt, so dass wir zwei paarige dorsale und einen unpaaren ventralen Radius unterscheiden können und dass auf jede Körperhälfte ein paariges und die Hälfte des unpaaren Antimeres kömmt. Rechte und linke Seite sind dann symmetrisch gleich, dorsale und ventrale verschieden. Sehr deutlich tritt dies Verhältniss bei *Dictyophimus tripus* (Rad. Taf. VI, Fig. 1) und bei *Podocyrtis charybdea* entgegen. Die Grundfläche der dreiseitigen rechtwinkeligen Pyramide, die wir uns dann aus den Axen construiren können, ist ein gleichschenkeliges Dreieck. Sind dagegen alle drei Kreuzaxen ungleich und alle drei Antimeren nur ähnlich, aber weder symmetrisch noch congruent, so wird die Grundfläche der Grundform ein ungleichseitiges Dreieck, und es tritt die heteropleure Triamphipleuren-Form hervor; dann sind ebenso rechte und linke, wie dorsale und ventrale Seite verschieden, so bei *Lithomelissa thoracites, Eucyrtidium anomalum* und *Dictyoceras Virchowii* (Rad. Taf. VI, Fig. 2—8; Taf. VII, Fig. 11—13; Taf. VIII, Fig. 1—5). Diese letzteren Formen, bei denen es oft sehr schwierig ist, das unpaare ventrale Antimer unter den drei ungleichen herauszufinden, würden streng genommen als Heteropleuren von den ersteren, rein symmetrischen als Homopleuren zu trennen sein.

Im Pflanzenreiche ist die Triamphipleuren-Form ungleich verbreiteter. Es gehört hierher wohl die grosse Mehrzahl der Monocotyledonen-Blüthen, der Orchideen, Gramineen, Cyperaceen etc. Auch hier ist bald die homopleure, bald die heteropleure Form vorherrschend. Bei den Orchideen, die meist die homopleure Triamphipleuren-Form sehr schön und rein zeigen, ist die Blüthenhülle (Perianthium) der dreistrahligen Blüthe aus zwei Blattkreisen gebildet (Taf. I, Fig. 5). Die drei Blätter des äusseren Kreises sind meist gleich, und also dieses Metamer eigentlich triactinot. Von den drei Blättern des inneren Kreises dagegen ist das unpaare ventrale sehr auffallend gestaltet und in die sogenannte Honiglippe (Labellum) umgewandelt; gewöhnlich ist diese bedeutend grösser, als die ihr gegenüberstehenden beiden Blätter der zwei dorsalen Antimeren. Die Medianebene geht mitten zwischen den beiden letzteren und durch die Mittellinie der Honiglippe hindurch. In der dreizähligen und bilateralen Blüthe der Gramineen ist gewöhnlich nur das Metamer, welches die drei Staubblätter trägt, vollständig entwickelt. Von den drei ursprünglich gleichmässig angelegten Blättern der Blüthenhülle (Perianthium) bildet sich das eine (äussere Deckspelze oder Bauchblatt, Palea ventralis, inferior, externa) übermässig aus, während die beiden anderen zu der inneren, zweinervigen Deckspelze oder dem Rückenblatt verwachsen (Palea dorsalis, binervis, superior, interna). Von den drei Blättchen der

Nebenkrone (Schüppchen oder Squamulae), die ebenfalls ursprünglich gleichmässig angelegt sind, kommt die innere, die Squamula dorsalis, nicht zur Entwickelung, und auch die beiden äusseren, die Squamulae ventrales, bleiben meist sehr klein. Ebenso kommt von den drei Griffeln der dorsale nicht zur Entwickelung. Die sagittale oder mediane Ebene (Centralebene), welche die dreistrahlige Gramineenblüthe in zwei vollkommen symmetrische Seitenhälften theilt, geht also hier durch die Verwachsungslinie der beiden dorsalen Paleen, durch die Mittellinie der ventralen Palea und durch die fehlgeschlagene dorsale Squamula hindurch.

Bei den meisten Orchideen, Gramineen, Cyperaceen und überhaupt bei den meisten triamphipleuren Monocotyledonen-Blüthen sind die beiden Seitenhälften der dreistrahligen Blüthen symmetrisch gleich. Diesen homopleuren Blüthen stehen nur wenige heteropleure gegenüber, bei denen die beiden Seitenhälften (rechte und linke) sich differenziren, und also alle drei Antimeren ungleich werden, so z. B. unter den Orchideen *Goodyera discolor,* und in sehr ausgezeichneter Weise *Canna,* welche durch den Gonochorismus der Antimeren in einem hermaphroditischen Metamere merkwürdig ist.

Zweite Untergattung der Zeugiten:

Jochpaarige Grundformen. Zygopleura.

(Heterostaura allopola zygopleura.)

„Bilateral-Symmetrische" Formen der Autoren in der dritten (mittleren) Bedeutung des Begriffes.

Stereometrische Grundform: Halbe Rhombenpyramide (Gleichschenkelige Pyramide)

Die wichtige und umfangreiche Abtheilung der zygopleuren Zeugiten, die wir kurz Zygopleuren nennen, verhält sich zu den amphipleuren ebenso, wie unter den Toxomorphen die Orthostauren zu den Oxystauren. Während bei den Amphipleuren, wie bei den Oxystauren, die Antimerenzahl drei, fünf, sechs oder mehr beträgt und also mindestens drei radiale oder semiradiale Kreuzebenen vorhanden sind, die sich demgemäss unter spitzen Winkeln schneiden müssen, so finden wir bei den Zygopleuren, wie bei den Orthostauren, nur zwei oder vier Antimeren und demgemäss entweder nur eine einzige oder nur zwei radiale Kreuzebenen. Doch besteht ein Unterschied zwischen den Zygopleuren und Orthostauren darin, dass die beiden radialen Kreuzebenen bei den letzteren sich stets rechtwinkelig kreuzen müssen, während dies bei den ersteren nicht der Fall zu sein braucht.

Wie wir als Grundform der Amphipleuren die Hälfte einer amphithecten Pyramide von $4+2n$ Seiten erkannt haben, so finden wir,

wenn wir die allgemeine Grundform der Zygopleuren zu bestimmen suchen, diese in der Hälfte einer amphithecten Pyramide von vier Seiten, also in einer halben Rhomben-Pyramide. Demgemäss erhalten wir die Zygopleuren-Form ebenso durch Halbirung der Orthostauren, wie die Amphipleuren-Form durch Halbirung der Oxystauren.

Die halbe Rhomben-Pyramide ist eine gerade Pyramide, deren Basis ein halber Rhombus, also ein gleichschenkeliges Dreieck ist. Dieser einfache stereometrische Körper besitzt alle wesentlichen Eigenschaften, welche den Character der Zygopleuren bestimmen. Die halbe Rhomben-Pyramide wird nur durch eine einzige Ebene in zwei symmetrisch gleiche Hälften zerlegt. Diese Halbirungsebene (Centralebene) ist die Medianebene, welche durch die Hauptaxe (Pyramidenaxe) und durch die Mittellinie der Basis (das Loth von der Spitze des gleichschenkeligen Dreiecks auf die Grundlinie) gelegt werden kann. Von den drei Seitenflächen der gleichschenkeligen Pyramide, wie wir die halbe Rhomben-Pyramide nach Beschaffenheit ihrer Basis auch nennen können, sind zwei Seitenflächen congruente ungleichschenkelige Dreiecke, die sich in der Bauchkante berühren und in Bezug auf ihre entgegengesetzte Lage zu dieser als symmetrisch congruent bezeichnet werden müssen. Diese beiden Seiten entsprechen der rechten und linken Körperfläche der Zygopleuren. Die dritte Seitenfläche der gleichschenkeligen Pyramide ist ein dreischenkeliges Dreieck, welches die Grundlinie der Basis ebenfalls zur Grundlinie hat. Da diese der Bauchkante gegenüberliegt, so müssen wir sie als Rückenseite bezeichnen. Die Spitze der gleichschenkligen Pyramide betrachten wir, wie es bei allen heteropolen Stauraxonien geschehen ist, als Aboralseite oder Antistomium, die Basis als Oralseite oder Peristomium.

Wie wir bei den Orthostauren als zwei besondere Formen-Arten die Tetraphragmen mit vier, und die Diphragmen mit zwei Antimeren unterscheiden mussten, so müssen wir auch bei den Zygopleuren dieselben beiden Arten im Princip theoretisch von einander trennen, obwohl in Wirklichkeit die Grundform in beiden Fällen wesentlich, nämlich bezüglich der Verhältnisse der Axen und ihrer Pole nicht verschieden ist. Den vierzähligen Orthostauren oder Tetraphragmen entsprechen die aus vier Antimeren zusammengesetzten Zygopleuren, nämlich die Mehrzahl aller Würmer, die Zaphrentiden, einige Medusen *(Steenstrupia, Euphysa)*, viele Siphonophoren und unter den Pflanzen z. B. die Blüthen von *Iberis, Reseda, Betula* u. s. w. Diese vierzähligen Zygopleuren nennen wir Tetrazygopleura oder kurz Tetrapleura. Den zweizähligen Orthostauren oder Diphragmen correspondiren die aus zwei Antimeren zusammengesetzten Zygopleuren,

die Personen der Wirbelthiere, Arthropoden, Weich-Thiere und viele morphologische Individuen niederer Ordnung. Diese zweizähligen Zygopleuren können im Gegensatz zu den vierzähligen als *Dizygopleura* oder kurz als *Dipleura* bezeichnet werden.

Genau genommen können wir die *gleichschenkelige Pyramide* oder die halbe Rhomben-Pyramide nur als die Grundform der *zweizähligen* Zygopleuren, *nicht* als diejenige der *vierzähligen* betrachten, da sie nur aus *zwei* Antimeren zusammengesetzt ist. Wollten wir einen besonderen geometrischen Ausdruck für die *Tetrapleuren* suchen, so würden wir ihn entweder in der *halben achtseitigen amphithecten Pyramide* oder in einer *doppelt gleichschenkeligen Pyramide* finden, d. h. in einer Pyramide, welche aus zwei ungleichen gleichschenkeligen Pyramiden zusammengesetzt ist, deren congruente Rückenflächen zusammenfallen (d. h. also, deren Rückenflächen congruent sind und die mit diesen congruenten Rückenflächen verwachsen sind). Die *Basis* dieser doppelt gleichschenkeligen Pyramide ist ein *doppelt gleichschenkeliges Trapez*, d. h. ein Trapez, welches aus zwei ungleichen gleichschenkeligen Dreiecken zusammengesetzt ist, die über derselben Grundlinie in entgegengesetzten Richtungen errichtet sind (die also mit dieser gleichen Grundlinie sich berühren; vergl. Taf. I, Fig. 11, $r_2 r_1 r_4$ und $r_2 r_3 r_4$). Von den vier Seitenflächen der doppelt gleichschenkeligen Pyramide sind je zwei gegenüberliegende ungleich, dagegen die beiden in der Rückenkante zusammenstossenden dorsalen unter sich (symmetrisch) congruent und ebenso die beiden in der Bauchkante zusammentretenden ventralen unter sich (symmetrisch) congruent. Die beiden rechten Seiten (dorsale und ventrale) sind unter sich ebenso verschieden, wie die beiden linken. Die Ebenen, welche man durch die Axe der doppelt gleichschenkeligen Pyramide (Hauptaxe) und jede der beiden rechtwinkelig gekreuzten Diagonalen ihrer Grundfläche legen kann, sind die beiden Richtebenen, von denen die eine die andere halbirt, ohne von ihr halbirt zu werden. Durch die (nicht halbirte) Sagittalebene ($r_1 r_3$) wird der Körper in zwei symmetrisch gleiche, durch die (halbirte) Lateralebene ($r_2 r_4$) in zwei symmetrisch ähnliche oder ungleiche Stücke zerlegt. Von den vier Antimeren, in welche der Tetrazygopleuren-Körper durch die beiden Richtebenen zerfällt, sind die beiden dorsalen unter sich symmetrisch gleich, und ebenso die beiden ventralen. Dagegen sind die beiden linken Antimeren (dorsales und ventrales) unter sich nur positiv ähnlich und ebenso die beiden rechten. Das linke ventrale ist dem rechten dorsalen negativ ähnlich und ebenso das rechte ventrale dem linken dorsalen (Vergl. Taf. I, Fig. 11 und 12).

Für die Verhältnisse der Kreuzaxen und der durch sie gelegten Kreuzebenen hat dieser Unterschied der Tetrapleuren und Dipleuren

ebenfalls Bedeutung, indem bei den ersteren nur eine einzige radiale Kreuzebene vorhanden ist, die mit der Lateralebene zusammenfällt, während die entsprechende darauf senkrechte Interradialebene mit der Medianebene identisch ist. Bei den Tetrapleuren dagegen sind zwei radiale und zwei entsprechende interradiale Kreuzebenen vorhanden und es fallen hier entweder die beiden radialen oder die beiden interradialen Kreuzebenen mit den beiden idealen Richtebenen zusammen.

Obgleich aus dieser Betrachtung der doppelt-gleichschenkeligen Pyramide hervorgeht, dass diese die eigentliche Grundform der vierzähligen Zygopleuren ist, so können wir dieselbe doch nur als eine untergeordnete Modification der einfachen gleichschenkeligen Pyramide betrachten, da die Verhältnisse der idealen Axen und ihrer Pole in beiden Fällen ganz dieselben sind. Bei der einen wie bei der anderen sind von den drei auf einander senkrechten ungleichen Euthynen des Heterostauren-Körpers zwei ungleichpolig (die Hauptaxe und die Dorsoventralaxe), die dritte gleichpolig (die Lateralaxe). Als gemeinsame Grundform aller Zygopleuren können wir demnach die gleichschenkelige Pyramide festhalten und ein Gewicht auf die Unterscheidung der einfach- und der doppelt-gleichschenkeligen nur insofern legen, als durch die erstere die homotypische Zweizahl der Dipleuren, durch die letztere die homotypische Vierzahl der Tetrapleuren bezeichnet wird.

Wichtigere Modificationen der gemeinsamen Grundform, als durch die Antimeren-Zahl Zwei oder Vier, werden dadurch bedingt, dass unter den Zygopleuren weit häufiger, als unter den Amphipleuren die Heteropleurie auftritt, also Ungleichheit der beiden Pole der Lateralaxen, bedingt entweder durch ursprünglich ungleiche Anlage oder durch späteres ungleiches Wachsthum der beiden Seitenhälften, oder durch besondere Einflüsse, welche auf die Differenzirung der Rechten und Linken bedingend einwirken. Insbesondere unter den Dipleuren sind diese Heterozygopleuren-Formen sehr häufig und bedingen dort z. B. die Spiraldrehung der Gasteropoden, die characteristische Form der Pleuronectiden u. s. w. Viel seltener sind die Heteropleuren unter den Tetrapleuren, z. B. *Abyla.* Eine bestimmte geometrische Grundform für alle Heterozygopleuren lässt sich kaum allgemein feststellen, da der augenfällige Character, welcher die Homozygopleuren auszeichnet, die symmetrische Gleichheit der beiden Seitenhälften, hier verloren geht. Ganz allgemein könnte man als Grundform der Heterozygopleuren allenfalls eine ungleich dreiseitige Pyramide aufstellen, oder genauer noch als Promorphe der heteropleuren Tetrapleuren eine ungleich vierseitige, als Promorphe der heteropleuren Dipleuren eine ungleich dreiseitige Pyramide. Da je-

h die Heterozygopleuren ihre nahe Verwandtschaft mit den nächst-
aenden Homozygopleuren niemals verleugnen und namentlich die
kenntniss der drei ungleichen Euthynen, der Hauptaxe und der beiden
:htaxen, obwohl alle drei ungleichpolig sind, keinen Schwie-
;keiten unterliegt, so können wir die einzelnen Seiten, Axen und
ıle der Heteropleuren stets durch Vergleichung mit den nächst-
:rwandten Homopleuren bestimmen und benennen.

Wir können also, indem wir auch hier von der Betrachtung der
omopleuren Zygopleuren ausgehen müssen, allgemein als die Grund-
orm der Zygopleuren die **gleichschenkelige Pyramide** oder
ıalbe Rhomben-Pyramide festhalten und deuten ein für allemal die
inzelnen Theile derselben in folgender Weise: 1) die Basis der
gleichschenkeligen Pyramide ist die Mundseite oder Peristomfläche
les Zygopleuren-Körpers; 2) die Spitze der Pyramide (Apex) und ihre
Umgebung ist die Gegenmundseite oder Antistomfläche; 3 und 4) die
(paarigen) beiden symmetrisch-congruenten Seiten der Pyramide sind
die rechte und linke Seite; 5) die (unpaare) gleichschenkelig drei-
eckige Seite der Pyramide ist die Rückenfläche (Dorsum); 6) die dem
Dorsum gegenüberliegende (unpaare) Kante der Pyramide, in welcher
rechte und linke Seite zusammenstossen, ist die Bauchfläche (Venter)
des Zygopleuren-Körpers (Vergl. Taf. I, Fig. 11, 12, 14).

Erste Art der Zygopleuren:

Zweipaarige. Tetrapleura.

(Tetrazygopleura. Zygopleura tetramera.)

Paarige Bilateralformen mit zwei Paar Antimeren.

Stereometrische Grundform: Doppelt-gleichschenkelige Pyramide.

(*Halbe Rhomben-Pyramide mit vier Antimeren.*) Taf. I, Fig. 11, 12.

Die zahlreichen Thierformen, welche wir nach den vorhergehenden
Untersuchungen zu den Tetrapleuren rechnen müssen, haben bisher
noch nirgends Berücksichtigung gefunden, obschon dieselben ebenso
gut als die Ctenophoren, eine besondere Abtheilung in dem Aggregat
der sogenannten bilateral-symmetrischen Thiere zu bilden beanspruchen.
Es gehört hierher der grosse formenreiche Kreis der Würmer (zum
grössten Theil!), ferner eine ziemliche Anzahl von Coelenteraten, und
zwar sowohl Hydromedusen (namentlich Siphonophoren) als Anthozoen
(die Zaphrentiden); endlich eine Reihe von vierzähligen Dicotyledonen-
Blüthen, welche diesen völlig entsprechen, z. B. von *Iberis*, *Reseda*,
Betula etc.).

Der wesentliche Unterschied dieser vierzähligen Zygopleuren von
den zweizähligen (oder den „bilateral-symmetrischen" Formen im

vierten Sinne des Wortes) beruht darin, dass ihr Körper aus vier, und nicht aus zwei Antimeren zusammengesetzt ist. Doch bleibt diese Differenz, wie schon im Vorhergehenden auseinandergesetzt wurde, insofern ohne wesentliche Bedeutung, als die Verhältnisse der drei idealen Axen und ihrer Pole in beiden Fällen dieselben sind; in beiden ist die Lateralaxe gleichpolig, die beiden anderen (Dorsoventralaxe und Hauptaxe) ungleichpolig. Dagegen äussert sich der Unterschied zwischen Beiden schärfer in den Verhältnissen der realen Kreuzaxen und der durch sie gelegten realen Kreuzebenen, indem bei den Dipleuren deren nur zwei, eine radiale und eine interradiale Kreuzebene, vorhanden sind, von denen die erstere mit der lateralen, die letztere mit der medianen Ebene zusammenfällt, während bei den Tetrapleuren deren vier, zwei radiale und zwei interradiale Kreuzebenen, vorhanden sind, von denen bald die beiden ersteren, bald die beiden letzteren, mit den beiden Richtebenen oder idealen Kreuzebenen (lateraler und medianer) zusammenfallen.

Wenn wir die vier realen Kreuzaxen und die (durch sie und die Hauptaxen gelegten) vier realen Kreuzebenen der Tetrapleuren und ihr Verhältniss zu den beiden idealen (lateraler und medianer) noch einen Augenblick näher ins Auge fassen, und zwar bei denjenigen Tetrapleuren, welche wir im folgenden Abschnitt als interradiale Eutetrapleuren unterscheiden werden (wie z. B. bei den Zaphrentiden), so ergiebt sich, dass bei diesen Formen nur die eine Interradialebene (die sagittale) mit der einen idealen Kreuzebene (der medianen) stets zusammenfällt, während dagegen die andere Interradialebene, welche sich aus rechtem und linkem Interradial-Septum zusammensetzt, oft nicht mit der anderen idealen Kreuzebene (der lateralen) zusammenfällt. Vielmehr bilden die beiden Hälften der lateralen Interradialebene, das linke und rechte interradiale Septum, welche bei den Zaphrentiden häufig als Septalgruben ausgebildet sind, mit der idealen Lateralebene, da, wo sie in der Hauptaxe mit ihr zusammenstossen, oft einen spitzen Winkel, der auf beiden Seiten gleich ist. Nur wenn dieser Winkel ein rechter wird, wie bei manchen Anneliden, fällt die reale und ideale Lateralebene zusammen. Weitere Unterschiede in den Verhältnissen der realen zu den idealen Kreuzaxen veranlassen uns, die Gruppe der Eutetrapleuren in die beiden Abtheilungen der radialen und interradialen Eutetrapleuren zu spalten (Taf. I, Fig. 11 und 12).

Die Heteropleurie, die Ungleichheit der rechten und linken Seitenhälfte, ist bei den Tetrapleuren weit seltener als bei den Dipleuren, bildet jedoch da, wo sie vorkommt, wie bei den Siphonophoren, so ausgezeichnete Formen, dass wir die Betrachtung der heteropleuren von derjenigen der homopleuren trennen müssen. Die ersteren nennen wir kurz Eutetrapleura, die letzteren Dystetrapleura.

Erste Unterart der Tetrapleuren:

Gleichhälftige Zweipaarige. Eutetrapleura.

(Tetrapleura homopleura.)

Stereometrische Grundform: ***Doppeltgleichschenkelige Pyramide mit zwei symmetrisch-gleichen Seitenhälften (oder Antiparallelogramm-Pyramide).***

Zu der Abtheilung der tetrapleuren Zygopleuren mit symmetrisch-gleicher rechter und linker Seitenhälfte rechnen wir erstens den grössten Theil des umfangreichen Würmer-Kreises, und zweitens eine grosse Anzahl von Coelenteraten, nämlich aus der Klasse der Hydromedusen viele Siphonophoren, und aus der Anthozoen-Klasse viele Rugosen, insbesondere die Zaphrentiden. Von den Dicotyledonen-Blüthen gehören dahin die Blüthen einiger Cruciferen (z. B. *Iberis*) und Dipsaceen (z. B. *Scabiosa*), ferner von *Reseda*, *Betula* etc.

Wir können unter den Eutetrapleuren zwei untergeordnete Formengruppen unterscheiden, solche nämlich, bei denen die Medianebene mit einer radialen und solche, bei denen sie mit einer interradialen Kreuzebene zusammenfällt. Die ersteren können wir radiale, die letzteren interradiale nennen. Bei den radialen Eutetrapleuren (z. B. bei vielen Siphonophoren, vielen Dipsaceen etc.) finden wir ein unpaares dorsales und ein unpaares ventrales Antimer, dazwischen zwei paarige laterale, rechtes und linkes. Bei den interradialen Eutetrapleuren dagegen finden wir (z. B. bei den Zaphrentiden, Iberis und anderen Cruciferen), ein dorsales und ein ventrales Antimeren-Paar, jedes aus einem rechten und einem linken Antimer zusammengesetzt.

Erste Abtheilung der gleichhälftigen Zweipaarigen:

Eutetrapleura radialia.

Eutetrapleuren mit radialer Medianebene und mit drei verschiedenen Antimeren-Formen.

Realer Typus: ***Praya (oder Reseda)*** Taf. I, Fig. 11.

Bei den radialen Eutetrapleuren besteht jede Körperhälfte, rechte und linke, aus einem ganzen (lateralen) und aus zwei halben Antimeren (der Hälfte des dorsalen und der Hälfte des ventralen). Die Medianebene wird durch eine radiale Kreuzebene gebildet. Es ist dies der Fall bei vielen Siphonophoren, einigen Craspedoten und bei den Blüthen von *Reseda*, *Betula*, einigen *Dipsaceen* etc.

Unter den Siphonophoren sind ausgesprochene radiale Eutetrapleuren-Bildungen nicht selten, und namentlich oft in den Schwimmglocken, seltener in den Deckstücken und Geschlechtsglocken, sehr rein entwickelt. Als ausgezeichnete Beispiele mögen die Schwimmstücke vieler Diphyiden und Prayiden, ferner sehr vieler Physophoriden,

bezeichnet werden, so z. B. von *Diphyes quadrivalvis, D. gracilis, Vogtia pentacantha* etc. Nicht so häufig als in den Locomotiven bleibt die radiale Eutetrapleuren-Form in den Deckstücken erhalten, sehr deutlich bei einigen Prayiden und Diphyiden, z. B. in dem cubischen Deckstück der Einzelthiere von *Abyla pentagona.* Häufiger geht bei den Deckstücken die Eutetrapleuren-Form in die Eudipleuren-Form über. Ebenso findet sie sich selten in den Geschlechtsglocken, da diese in der Regel Tetractinoten sind; eine sehr auffallende Ausnahme bilden z. B. die Genitalglocken von *Praya maxima,* wo die Medianebene durch die diametral gegenüberstehenden beiden ungleichen Flügel der Glocke sehr scharf bestimmt ist. Das dorsale Antimer ist hier durch einen breiten, das ventrale Antimer durch einen schmalen Flügel ausgezeichnet, während die beiden symmetrisch-gleichen lateralen Antimeren (rechtes und linkes) flügellos sind.[1] Aus der Hydromedusen-Klasse sind ausser den genannten Siphonophoren auch noch einige craspedote Medusen der Eutetrapleuren-Form zuzuzählen, diejenigen Oceaniden nämlich, *Steenstrupia, Euphysa* und einige andere, bei denen nur ein einziger entwickelter Radialtentakel vorhanden ist, der als dorsaler den dorsalen Radius und dadurch die Medianebene bestimmt. Von den drei übrigen Radien, welche gar keine oder nur unvollständig entwickelte Radialtentakeln zeigen, ist der mittlere unpaare, welcher den dorsalen gegenübersteht, als ventraler, und die beiden anderen paarigen als rechter und linker zu bezeichnen.

Von den Dicotyledonen-Sprossen sind zu der radialen Eutetrapleuren-Form die Blüthen von *Reseda, Betula* und von vielen Dipsaceen, namentlich Scabiosen zu rechnen (z. B. *Succisa pratensis, Knautia arvensis).* Die vier Blumenblätter dieser Tetrapleuren sind in der Weise ungleich ausgebildet, dass einem besonders entwickelten (ventralen) Blumenblatt ein verschieden gebildetes (dorsales) unpaar gegenübersteht, während sich beiderseits derselben rechtes und linkes Blumenblatt symmetrisch-gleich ordnen. Als dorsales Blumenblatt können wir hier allgemein dasjenige bezeichnen, welches der Hauptaxe des Stockes zugekehrt, als ventrales dasjenige, welches von ihr

---

[1]) Da bei den Siphonophoren die Eutetrapleuren-Form auf das Vielfältigste durch allmählige Uebergänge einerseits mit der Tetractinoten- und Tetrarithmen-, andererseits mit der Eudipleuren-, Dystetrapleuren- und Dysdipleuren-Form verbunden ist, so erscheint es im einzelnen Falle oft sehr schwierig zu bestimmen, welcher dieser 5 Grundformen das vorliegende Siphonophoren-Individuum angehört. Als radiale Eutetrapleure dürfen nur diejenigen angesehen werden, bei denen die 4 Antimeren entweder durch 4 Kanten oder durch die 4 Radialcanäle noch deutlich bezeichnet werden, und bei denen von diesen 4 Antimeren 2 gegenüberliegende (rechts und links), symmetrisch-gleich, die beiden dazwischen liegenden (dorsales und ventrales) dagegen ungleich (ähnlich) sind.

abgewandt ist. Bei *Reseda* (Taf. I, Fig. 11) z. B. ist das (obere) dorsale Blumenblatt das grösste, in fünf bis sieben lineale Zipfel gespalten, das entgegengesetzte (untere) ventrale Blumenblatt das kleinste, tief zweispaltig; die beiden seitlichen, symmetrisch-gleichen (rechtes und linkes) sind flach dreispaltig. Bei den tetrapleuren Dipsaceen-Blüthen ist umgekehrt das untere (ventrale) Blumenblatt das grösste.

Zweite Abtheilung der gleichhälftigen Zweipaarigen:

Eutetrapleura interradialia.

Eutetrapleuren mit interradialer Medianebene und mit zwei verschiedenen Antimeren-Formen.

Realer Typus: Nereis (oder Iberis) Taf. I, Fig. 12.

Bei den interradialen Eutetrapleuren besteht jede Körperhälfte (rechte und linke) aus zwei ganzen Antimeren oder aus einem Antimeren-Paare, und jedes Paar wiederum aus zwei ungleichen, einem dorsalen und einem ventralen Antimer. Die Medianebene wird durch eine interradiale Kreuzebene gebildet. Die interradialen Eutetrapleuren unterscheiden sich demgemäss von den radialen dadurch sehr wesentlich, dass der Körper der ersteren aus zwei Paaren symmetrisch-gleicher Antimeren zusammengesetzt ist, während bei den letzteren derselbe aus einem Paare symmetrisch-gleicher und aus einem Paare ähnlicher oder ganz ungleicher Antimeren besteht. Auch die Antimeren selbst sind bei beiden verschieden. Bei den interradialen Eutetrapleuren besteht jedes Antimer aus zwei ungleichen (ähnlichen) Hälften und besitzt daher selbst die Dysdipleuren-Form, während dies bei den radialen Eutetrapleuren nur mit dem lateralen Antimeren-Paar der Fall ist, das dorsale Antimer dagegen und ebenso das ventrale aus zwei symmetrisch gleichen Hälften besteht und die Eudipleuren-Form besitzt. Als interradiale Eutetrapleuren müssen wir die grosse Mehrzahl aller Würmer betrachten, ferner die Zaphrentiden unter den Anthozoen, und von den Dicotyledonen eine Anzahl Cruciferen-Blüthen (*Iberis*) und einige Andere.

Die Vertreter der interradialen Eutetrapleuren-Form im Coelenteraten-Stamme sind die Zaphrentiden, eine umfangreiche Familie aus der Ordnung der fossilen Rugosen, die man bisher meistens, und wohl mit Recht, zu den Anthozoen, neuerdings aber auch zu den Hydromedusen gerechnet hat. Sämmtliche Rugosen stimmen mit der Mehrzahl der Hydromedusen durch die homotypische Vierzahl überein, während sie durch die interradialen Septa der perigastrischen Höhle sich den sechszähligen Madreporarien unmittelbar anschliessen. Bei den meisten Rugosen-Familien, den Cystiphylliden, Cyathophylliden und Stauriden, sind die 4 Antimeren vollkommen congruent und also die Tetractinoten-Form so rein, wie bei den Medusen ausgebildet. Die Grenze zwischen den 4 Antimeren ist ganz scharf durch das rechtwinkelige Kreuz der 4 primaeren interradialen Septa (Leisten oder

Sternleisten) ausgesprochen. Schon bei den Cyathaxoniden tritt aber in dem sonst regulären Kelche eine Differenzirung dadurch ein, dass an einem (ventralen) Pole der Dorsoventralaxe das eine Septum schwächer entwickelt ist, und an seiner Stelle eine Septalgrube auftritt. Bei den Zaphrentiden nimmt diese ventrale Septalgrube so sehr an Ausdehnung zu, und zugleich entwickelt sich das gegenüberstehende dorsale Septum so stark, dass die beiden lateralen Septa rechts und links dahinter zurückbleiben und sich symmetrisch-gleich zu beiden Seiten der Medianebene, welche durch die ventrale Septalgrube und das gegenüberstehende unpaare (dorsale) Septum bestimmt ist, ordnen. Der Winkel, den das rechte und linke Septum mit dem stärker entwickelten dorsalen Septum bilden, ist meist spitz, und wird um so spitzer, je stärker sich das dorsale auf Kosten des ventralen Septum (der Septalgrube) ausbildet. Die Sternleisten niederer Ordnung, die secundären, tertiären Septa u. s. w., welche zwischen den 4 primären Interradialleisten stehen, ordnen sich zugleich so zwischen diesen, dass der ganze Kelch regelmässig gefiedert erscheint. Unter den Siphonophoren scheinen interradiale Tetrapleuren, welche in der Grundform ganz mit den Zaphrentiden übereinstimmen, ebenfalls vorzukommen, wenn auch nur selten, so z. B. die Schwimmglocken von *Apolemia*.

Von besonderer Wichtigkeit ist die interradiale Eutetrapleuren-Form desshalb, weil wir die grosse Mehrzahl aller Würmer hierher rechnen müssen. Man hat bisher die sämmtlichen Würmer ohne Unterschied mit den Wirbelthieren, Arthropoden und Weichthieren als Bilateral-Symmetrische zusammengestellt. Nur Bronn hat, wie oben angeführt wurde, die Acanthocephalen und Cestoden als „Sagittalformen“ von ihnen getrennt; diese gehören in der That meistens zu den Toxomorphen und zwar theils zu den Tetraphragmen, theils zu den Diphragmen. Allein auch den grössten Theil der übrigen Würmer können wir nicht mit jenen anderen „Hemisphenoid-Formen“ vereinigt lassen, da sie sich von ihnen wesentlich durch die Zusammensetzung des Körpers aus vier Antimeren unterscheiden. Dies gilt insbesondere von den meisten Anneliden, Chaetognathen (*Sagitta*), Nemertinen, Nematoden etc. Wie der Querschnitt jedes Annelides (Taf. I, Fig. 12) und der meisten anderen Würmer lehrt, wiederholen sich in jedem der vier Metameren-Quadranten, welche durch die Medianebene und die darauf senkrechte Lateralebene geschieden werden, dieselben wesentlichen Organe in derselben gegenseitigen Lagerung, Zahl u. s. w., und wir dürfen diese Quadranten somit wirklich als Antimeren betrachten. Bei denjenigen Anneliden, welche die Eutetrapleuren-Form am reinsten zeigen, besitzt jeder Quadrant eines Metameren (also jedes einzelne Antimer) einen Fussstummel (Parapodium) nebst zugehörigen Theilen, ein Längsgefäss, ein Muskelfeld etc. Ebenso deutlich zeigen die eutetrapleure Grundform auch die meisten Echinodermen-Ammen, welche man gleichfalls gewöhnlich als „bilateral-symmetrische“ betrachtet, und wir finden hierin einen neuen Beweis für ihren genealogischen Zusammenhang mit den Würmern.

Es ist sehr bemerkenswerth, dass in der höchststehenden Würmerklasse, bei den Anneliden, die interradiale Eutetrapleuren-Form

schärfsten ausgeprägt erscheint (Fig. 12). Wie bei den Zaphrentiden, besteht jede der beiden symmetrisch gleichen Körperhälften (rechte und linke) aus zwei ganzen Antimeren, einem dorsalen und einem ventralen. Je mehr diese sich differenziren, je mehr zugleich jede Körperhälfte sich dadurch centralisirt, desto mehr geht die eutetrapleure in die eudipleure Form über; je weniger die beiden Antimeren jeder Seitenhälfte verschieden sind, desto mehr nähert sie sich der Tetrarithmen-Form, welche in den Proglottiden vieler Taenien sehr rein ausgebildet ist und in den „regulären" Scolices zur tetractinoten Grundform wird. Dieser schon oben (p. 494) hervorgehobene Zusammenhang der verschiedenen tetrameren Grundformen erscheint uns von sehr grosser Bedeutung für die Vorstellung von der Entstehung derselben und insbesondere von der Entwickelung der höheren aus den niederen Formen. Besonders möchten wir dabei noch auf den möglichen genealogischen Zusammenhang der Wirbelthiere mit den Würmern hinweisen, wie er im sechsten Buche erläutert werden soll. Auch die niederen Wirbelthiere zeigen noch sehr deutlich ihre ursprüngliche tetrapleure Zusammensetzung aus 4 Antimeren, so z. B. im Schwanze der Fische und Amphibien. Höchst wahrscheinlich ist auch hier die höhere dipleure Form, welche alle ausgebildeten Wirbelthiere zeigen, erst secundär aus der tetrapleuren hervorgegangen, wie dies bei den Arthropoden unzweifelhaft der Fall ist.

Unter den Dicotyledonen-Blüthen finden wir die interradiale Eutetrapleuren-Form in *Iberis* und einigen anderen Cruciferen mit sogenannten „strahlenden Blüthen" eben so rein und vollständig, als in den Würmern und den Zaphrentiden ausgesprochen. Die beiden grösseren („äusseren") von dem Hauptspross abgewandten Blumenblätter, welche symmetrisch-gleich sind, entsprechen dem ventralen Antimeren-Paar; die beiden kleineren („inneren") dem Hauptspross zugewandten Blumenblätter, welche ebenfalls unter sich symmetrisch gleich sind, dem dorsalen Antimeren-Paar. Die beiden kleineren von den 6 Staubfäden (das entwickelte Paar des äusseren Kreises) liegen in der lateralen Richtebene, die beiden abortirten Staubfäden des äusseren Kreises (dorsaler und ventraler) in der Medianebene.

Wir haben hier die interradiale Eutetrapleuren-Form nach der radialen aufgeführt, weil uns die erstere im Ganzen genommen die höhere und vollkommenere zu sein scheint Es geht dies namentlich daraus hervor, dass dieselbe sich unmittelbar an die Eudipleuren-Form anschliesst. Bei Beiden fällt die Medianebene mit einer interradialen Kreuzebene zusammen. Sobald sich die beiden Antimeren jeder Seitenhälfte einer interradialen Eutetrapleuren-Form stark differenziren und eine straffere Centralisation aller vier Antimeren eintritt, geht dieselbe unmittelbar in die Eudipleuren-Form über (Arthropoden, Vertebraten). Auch stimmt die interradiale Eutetrapleuren-Form darin mit der Eudipleuren-Form überein, dass die Grundform jedes einzelnen Antimeres die dysdipleure ist (Vgl. Taf. I, Fig. 11 und 12).

Andererseits müssen wir jedoch schliesslich hervorheben, dass die radiale Eutetrapleuren-Form uns in einer Beziehung wenigstens voll-

kommener und höher als die interradiale erscheint. Es ist nämlich thatsächlich die radiale Eutetrapleuren-Form meist aus drei verschiedenen Arten von Antimeren zusammengesetzt, einer dorsalen, einer ventralen und einer lateralen Form (letztere die beiden seitlichen Gegenstücke bildend). Dagegen finden wir die interradiale Eutetrapleuren-Form stets aus zwei verschiedenen Arten von Antimeren zusammengesetzt, einer dorsalen und einer ventralen Form, von denen jede zwei seitliche Gegenstücke bildet.

Zweite Unterart der Tetrapleuren:

Ungleichhälftige Zweipaarige. Dystetrapleura.

(Tetrapleura heteropleura.)

Stereometrische Grundform: Doppeltgleichschenkelige Pyramide mit zwei ungleichen Seitenhälften (oder ungleich-vierseitige Pyramide).

Realer Typus: Abyla.

Weit seltener als die Tetrapleuren mit symmetrisch-gleichen Seitenhälften oder die (homopleuren) Eutetrapleuren sind diejenigen mit ungleichen (oder negativ ähnlichen) Seitenhälften, die heteropleuren, welche wir als Dystetrapleuren bezeichnen wollen. Es ist diese Form in sehr ausgezeichneter Weise durch mehrere Siphonophoren repräsentirt.

Bei den Dystetrapleuren finden wir, wie bei den Dysdipleuren (Pleuronectiden, spiraligen Gasteropoden etc.), drei ungleiche und ungleichpolige auf einander senkrechte ideale Axen. Dem entsprechend sind auch die sämmtlichen realen Kreuzaxen, radiale sowohl als interradiale, ungleich und ungleichpolig. Die vier Antimeren, durch welche sich die Dystetrapleuren von den aus zwei Antimeren gebauten Dysdipleuren unterscheiden, sind oft so sehr verschieden, dass es kaum noch möglich erscheint, sie als Antimeren zu erkennen, während sie andererseits oft so wenig verschieden sind, dass die Dystetrapleuren-Form sich der Eutetrapleuren- oder selbst der Tetraphragmen- und Tetractinoten-Form nähert. Oft sind an einem einzigen Siphonophoren-Stock alle Uebergänge zwischen diesen verschiedenen Grundformen nachzuweisen. Die Siphonophoren-Individuen, in denen die Dystetrapleuren-Form zur höchsten Entwickelung gelangt, sind meistens Schwimmglocken, namentlich aus den Familien der Physophoriden und Diphyiden. Die ausgezeichnetsten Formen der Art liefern die Abyliden, bei denen die vier Antimeren oft so ungleich werden, dass der Körper aus drei, fünf oder mehr Stücken zusammengesetzt erscheint. Als typische Repräsentanten dieser am meisten differenzirten von allen tetrameren Formen mögen hier namentlich die hinteren Schwimmstücke von *Abyla trigona* und von *Abyla pentagona* hervorgehoben werden.

Zweite Art der Zygopleuren:

Einpaarige. Dipleura.

(Dizygopleura. Zygopleura dimera.)

Paarige Bilateralformen mit einem Paar Antimeren.

(„Bilateral-symmetrische" Formen der Autoren in der vierten (engeren) Bedeutung des Begriffes.)

Stereometrische Grundform: Einfach-gleichschenkelige Pyramide.

(*Halbe Rhomben-Pyramide mit zwei Antimeren*) Taf. I, Fig. 14.

Wir sind nun im Laufe unserer promorphologischen Untersuchung endlich bei denjenigen Formen angelangt, auf welche die vieldeutige Bezeichnung der „bilateralen Symmetrie" am häufigsten angewandt wird, weil die Mehrzahl der gewöhnlich sogenannten bilateral-symmetrischen Thiere hierher gehört, nämlich die meisten Wirbelthiere, Gliederfüsser und Weich-Thiere, nebst vielen niederen organischen Formen. Es sind dies diejenigen Formen, welche von Bronn als „reine Halbkeile oder Hemisphenoid-Formen" betrachtet wurden.

Die allgemeinen Eigenschaften dieser zweizähligen Zygopleuren, die wir allgemein als Dizygopleuren oder kürzer als Dipleuren bezeichnen wollen, sind so bekannt und aus der Anschauung unseres eigenen Körpers Jedem so geläufig, dass wir nur das Wichtigste hier kurz hervorheben wollen (Vergl. Taf. I, Fig. 14).

Der Körper aller Dipleuren besteht nur aus zwei Antimeren, einem rechten und einem linken, welche in der Mittelebene des Körpers (Planum medianum), die hier auch häufig als Sagittalebene[1]) bezeichnet wird, vereinigt sind. Diese Medianebene haben wir als die einzige Interradialebene des Dipleuren-Körpers aufzufassen, während die einzige Radialebene desselben durch die gemeinsame Medianebene der beiden Antimeren gegeben wird, die mit der Lateralebene des ganzen Körpers zusammenfällt.

Wie unter den Tetrapleuren, so müssen wir auch unter den Dipleuren zwei verschiedene Grundformen als Unterarten unterscheiden, solche nämlich, wo die beiden Antimeren symmetrisch-gleich sind, und solche, wo die eine (rechte) Körperhälfte mehr oder weniger von der anderen (linken) verschieden (also ihr nur symmetrisch-ähnlich) ist. Die Letzteren oder die heteropleuren Dipleuren nennen wir kurz Dysdipleura; die Ersteren oder die homopleuren Dipleuren können entsprechend Eudipleura genannt werden.

Streng genommen dürfte die grosse Mehrzahl von allen Dipleuren zu den Heteropleuren gerechnet werden müssen, da in der That nur sehr selten die beiden Körperhälften vollkommen symmetrisch-gleich

[1]) Die Bezeichnung der Medianebene oder Mittelebene als „Sagittalebene" wird insbesondere häufig von den Anthropotomen angewandt, abgeleitet von dem Verlaufe der Pfeilnaht (Sutura sagittalis) des menschlichen Schädels.

im Sinne der Geometrie sind. Es ist aber allgemein hergebracht und mit Recht gebräuchlich, dass man nur diejenigen Dipleuren als „Asymmetrische“, d. h. als Dysdipleure auffasst, bei denen die Ungleichheit der beiden Antimeren mehr oder minder auffallend in der äusseren Körperbildung hervortritt, wie bei den Pleuronectiden, spiralen Gasteropoden u. s. w. Wir schliessen also auch, der hergebrachten Anschauung folgend, diejenigen Dipleuren von den heteropleuren aus, und betrachten sie als homopleure, bei welchen zwar die inneren Organe („Eingeweide“) stark asymmetrisch, dagegen die äusseren Organe und die Gesammtform symmetrisch entwickelt ist (z. B. die meisten Vertebraten. Die strengste Eudipleurie im Inneren und Aeusseren zeigen die Arthropoden.

Bei allen Dipleuren sind nur zwei reale Kreuzaxen (resp. Kreuzebenen) vorhanden und diese fallen mit den beiden idealen oder Richtaxen (resp. Richtebenen) zusammen. Die eine reale Kreuzebene ist die radiale, welche mit der Medianebene der beiden Antimeren oder der Lateralebene identisch ist. Die andere reale Kreuzebene ist die interradiale, welche mit der Grenzebene der beiden Antimeren oder der Medianebene des Körpers zusammenfällt. Von den drei ungleichen idealen Körperaxen sind bei den Eudipleuren zwei (die Hauptaxe oder Längsaxe und die Dorsoventralaxe oder Dickenaxe) ungleichpolig, die dritte dagegen (die Lateralaxe oder Breitenaxe) gleichpolig, während bei den Dysdipleuren alle drei Axen ungleichpolig sind (Vergl. Taf. I, Fig. 14).

Als die geometrische Grundform der Eudipleuren haben wir bereits oben die halbe Rhomben-Pyramide oder die einfache gleichschenkelige Pyramide festgestellt, d. h. eine gerade dreiseitige Pyramide, deren Basis ein gleichschenkeliges Dreieck ist. Wir haben dort ein für allemal die Deutung ihrer einzelnen Theile dahin festgestellt, dass die Basis der oralen, die Spitze der aboralen Körperseite entspricht, während von den drei Seitenflächen die unpaare gleichschenkelig-dreieckige als Dorsalseite, die beiden paarigen (welche zwei ungleichseitige unter einander symmetrisch-congruente Dreiecke sind) als rechte und linke Lateralfläche aufzufassen sind; die Mittellinie der Bauchseite bildet dann diejenige Kante der Pyramide, welche der Dorsalfläche gegenüberliegt.

Die Dysdipleuren, welche sämmtlich ursprünglich als Eudipleuren angelegt sind und erst durch Differenzirung der beiden Seitenhälften aus ihnen hervorgehen, lassen keine scharfbestimmte stereometrische Grundform mehr erkennen. Höchstens könnte man als solche, wie oben bereits bemerkt wurde, eine ungleich-dreiseitige Pyramide aufstellen, d. h. eine dreiseitige Pyramide, deren Basis ein ungleichseitiges Dreieck ist.

Erste Unterart der Dipleuren:

Gleichhälftige Einpaarige. Eudipleura.

(Dipleura homopleura.)

(Bilateral-symmetrische Formen in der fünften (engsten) Bedeutung des Begriffes.)

Stereometrische Grundform: Einfach-gleichschenkelige Pyramide (mit zwei symmetrisch-gleichen Seitenhälften).

Realer Typus: Homo (oder Fumaria) Taf. I, Fig. 14.

Die Eudipleuren oder die vollkommen symmetrisch-gleichseitigen und zweizähligen Formen dürfen als die vollkommensten aller organischen Formen angesehen werden. Offenbar sind mit der Zusammensetzung des Körpers aus nur zwei Antimeren, die symmetrisch-gleich sind, eine Menge Vortheile verbunden, die jeder anderen Form abgehen. Diese Vortheile sind grösstentheils mechanischer Natur und kommen namentlich der freien und allseitigen Bewegung des Körpers sehr zu Statten. Sehen wir doch nicht allein, dass die meisten freibeweglichen, vollkommeneren Organismen und namentlich alle höheren Thiere, welche sich auf dem Festlande bewegen, fast ohne Ausnahme nach der Eudipleuren-Form gebaut sind, (besonders die meisten Wirbelthiere, Gliederfüsser und Weichthiere), sondern dass auch alle vollkommeneren und selbst die unvollkommeneren Maschinen, welche der Mensch zum Zwecke der Ortsbewegung erfunden und gebaut hat, unbewusst nach demselben Princip construirt sind. Alle unsere Bewegungsmaschinen zu Wasser und zu Lande, die Locomotiven, Wagen und alle Art Fuhrwerke, die Schiffe, Nachen u. s. w., ebenso sehr viele andere mechanisch wirkende Instrumente sind nach diesem Grundprincip gebaut. Vor Allem wird die Vorwärtsbewegung in einer bestimmten Richtung, mit einem constanten Körperende voran, durch keine andere mögliche Grundform so sicher bewerkstelligt, als durch die Eudipleuren-Form.

Daher hat sich die Eudipleuren-Form in dem bei weitem grössten Theile aller Thier-Personen mehr oder minder vollkommen rein ausgebildet, obwohl häufig einerseits in die dysdipleure, andererseits in die eutetrapleure und selbst in die tetrarithme Grundform übergehend (Cestoden!). Wenn wir von geringeren (besonders im inneren Bau hervortretenden) Differenzen der rechten und linken Seitenhälfte absehen, so finden wir die Eudipleuren-Form bei den Personen der allermeisten Wirbelthiere, Arthropoden und Mollusken, bei den höchststehenden Würmern, einzelnen Echinodermen-Ammen und Coelenteraten (Siphonophoren). Ausgenommen sind von den Wirbelthieren die dysdipleuren Pleuronectiden, von den Arthropoden einige schmarotzende oder an bestimmte Wohnorte angepasste Formen *(Pagurus)*, von den

Weichthieren alle diejenigen, bei welchen durch ein ungleiches Wachsthum beider Hälften die Hauptaxe eine spiralige Drehung erfahren hat (die meisten Gasteropoden), oder wo durch Anwachsen mit einer Seite diese besonders angepasst ist (Pleuroconchae). Unter den Siphonophoren müssen wir als Eudipleure solche betrachten, bei denen das dorsale und ventrale Antimer gänzlich verkümmert und bloss die beiden lateralen übrig geblieben sind, wie namentlich in den Deckstücken und Fangfäden sehr vieler Physophoriden etc. Unter den Würmern, deren allgemein herrschende Grundform die eutetrapleure ist, gehen diejenigen in die eudipleure über, bei denen die beiden Antimeren jeder Seitenhälfte sich so stark differenziren und zugleich die ganze Person sich so centralisirt, dass man nur noch zwei laterale Antimeren, ein rechtes und ein linkes, an derselben unterscheiden kann. Wir finden dies insbesondere bei den höchststehenden Chaetopoden (Aphroditeen), bei den meisten Hirudineen und Gephyreen und vielen Platyelminthen. Ebenso geht bei vielen Echinodermen-Ammen die ursprüngliche eutetrapleure Grundform auf diese Weise in die eudipleure über.

In sehr vielen Fällen der letzteren Art ist es, besonders bei den Würmern, sehr schwer, zu entscheiden, ob die Grundform eigentlich die eutetrapleure oder die eudipleure ist, weil man nicht mit Sicherheit mehr sagen kann, ob jede Körperhälfte nur aus einem einzigen oder aus zwei Antimeren besteht. Dies gilt selbst für die niederen Wirbelthiere. So z. B. zeigt uns bei den Fischen und selbst noch bei den geschwänzten Amphibien jeder Querschnitt des Schwanzes ganz offenbar die tetrapleure Form mit 4 Antimeren, dagegen jeder Querschnitt des vorderen Körpertheiles eben so deutlich die dipleure Form mit 2 Antimeren. Es bestätigt uns dies lediglich in unserer Ansicht, dass die Eudipleuren-Form bei den Wirbelthieren ebenso wie bei den Arthropoden erst eine secundär erworbene, und aus der ursprünglichen Eutetrapleuren-Form hervorgebildet ist; wahrscheinlich stammen die ersteren eben so wohl wie die letzteren von eutetrapleuren Würmern ab. Vergleichen wir den Querschnitt eines Fischschwanzes mit dem Querschnitt eines Annelids *(Nereis)* Fig. 12, so finden wir in der That viel grössere promorphologische Uebereinstimmung, als mit dem Querschnitt der vorderen Rumpfhälfte desselben Fisches (Fig. 14). Die vier grossen Seitenrumpfmuskeln *(Musculi laterales)* zeigen unzweifelhaft die ursprüngliche Zusammensetzung aus vier Antimeren an, ebenso wie die vier longitudinalen Muskelfelder der Würmer. Die beiden dorsalen Seitenmuskeln der Fische werden von den beiden ventralen durch eine sehnige Membran getrennt, welche in der interradialen Lateralebene des Körpers, senkrecht auf der Medianebene liegt.

Jedenfalls beweist uns deutlich die ganz vorwiegende Ausbil-ng der reinen Eudipleuren-Form bei der grossen Mehrzahl der tuellen Personen in den beiden höchsten Thiergruppen, dass diese rundform die vollendetste von allen ist. Natürlich müssen hier überall e Metameren, welche die Person zusammensetzen, ebenso eudipleure in, wie die ganze Person, obwohl einzelne Metameren aus der gan-en Kette stark dysdipleure werden können. Aber nicht allein zur Bildung von Metameren und Personen ist die Eudipleuren-Form im Thierreiche vor allen Anderen verwandt, sondern auch eine sehr grosse Menge von Antimeren und Organen ist nach demselben Prin-ip gebaut, so z. B. die Antimeren aller sogenannten regulären Thiere, (homostaure Echinodermen und Coelenteraten), ferner sehr viele Or-gane (in allen Thierklassen). Seltener ist diese Form im Thierreiche zur Bildung von morphologischen Individuen höchster und niedrigster Ordnung (Stöcken und Plastiden) verwandt. Ein ausgezeichnet eudi-pleurer Stock ist z. B. der von *Pennatula*.

Umgekehrt wie bei den Thieren, bildet die Eudipleuren-Form bei den Pflanzen nur sehr selten die Grundform höherer, dagegen sehr allgemein diejenige niederer Ordnungen der morphologischen Indivi-dualität. Echte eudipleure Personen sind uns aus dem Pflanzenreiche nur wenige bekannt, so z. B. die Blüthen von *Corydalis* und *Fumaria*. Sehr allgemein dagegen finden wir die Blatt-Organe nach der Eudi-pleuren-Form gebildet, sowohl die Blüthenblätter als die Frucht-blätter, die Laubblätter und die Niederblätter. Auch hier geht die eudipleure oft in die dysdipleure Grundform über.

Während so im Pflanzen- und Thierreiche die gleichschenkelige Pyramide als Grundform der Eudipleuren eine ausserordentliche Be-deutung besitzt, finden wir dieselbe im Protistenreiche nur verhältniss-mässig selten realisirt, und auch hierin bekundet sich der niedere Bildungsgrad dieses Reiches.

Wenn man das vieldeutige Wort „bilaterale Symmetrie" noch ferner gebrauchen will, so muss es auf die Eudipleuren-Form be-schränkt bleiben, welche in der That die bilateral-symmetrische Form im engsten Sinne des Wortes ist. Es sind also auszuscheiden die 4 anderen weiteren Begriffe, die man mit diesem Ausdruck verbunden hat, indem man ihn zur Bezeichnung von 4 weiteren Formgruppen benutzte, nämlich den Dipleuren, Zygopleuren, Centrepipeden und He-terostauren. Wie wesentlich sich die Eudipleuren-Form von diesen weiteren Grundformen, von denen sie nur die speciellste Art darstellt, abhebt, ist im Vorhergehenden genugsam auseinandergesetzt, ebenso dass die allgemeine stereometrische Grundform der Eudipleuren die halbe Rhomben-Pyramide oder die einfach-gleichschenke-lige Pyramide ist (Vergl. Taf. I, Fig. 14 nebst Erklärung).

Zweite Unterart der Dipleuren:

Ungleichhälftige Einpaarige. Dysdipleura.

(Dipleura heteropleura.)

(„Asymmetrische Formen" der meisten Autoren.)

Stereometrische Grundform: Ungleich-dreiseitige Pyramide.

(Einfach-gleichschenkelige Pyramide mit zwei symmetrisch-ähnlichen Seitenhälften.)

Realer Typus: Pleuronectes.

Die Dysdipleuren oder die ungleichhälftigen zweizähligen Formen könnten im Princip als die vollkommensten aller organischen Formen gelten, indem offenbar bei ihnen die Differenzirung der Axen und Pole am weitesten vorgeschritten ist. Nebst den Diarithmen und Eudipleuren sind die Dysdipleuren die einzigen Formen, die bloss aus zwei Antimeren zusammengesetzt sind. Diese drei Grundformen haben ausser der homotypischen Zweizahl auch die Ungleichheit der drei idealen Axen (Hauptaxe und beide Richtaxen) und die Ungleichheit beider Pole der Hauptaxe gemeinsam. Während sich nun die Eudipleuren weit dadurch über die Diarithmen erheben, dass bei ihnen auch die beiden Pole der einen (dorsoventralen) Richtaxe differenzirt werden, gehen die Dysdipleuren noch einen Schritt weiter, indem bei ihnen auch noch die beiden Pole der anderen (lateralen) Richtaxe sich differenziren. Die Dysdipleuren sind die einzigen zweizähligen Formen, die durch drei auf einander senkrechte ungleiche und ungleichpolige Idealaxen ausgezeichnet sind. Der orale Pol der Längenaxe ist verschieden vom aboralen; der dorsale Pol der Dickenaxe ist verschieden vom ventralen; der linke Pol der Breitenaxe ist verschieden vom rechten Pole.

Allein während so, im Princip betrachtet, die Dysdipleuren als die vollkommensten aller organischen Formen gelten könnten, sehen wir doch andererseits bald, dass mit der sie auszeichnenden Ungleichheit der beiden Seitenhälften nothwendig der Verlust der grossen, namentlich für die freie und bestimmte Ortsbewegung höchst werthvollen Vortheile verbunden ist, welche die Eudipleuren-Form als die practisch vollkommenste von Allen erscheinen lassen. Daher finden wir sie denn auch nur in solchen Personen verkörpert, bei denen die eine Körperhälfte, entweder die rechte oder die linke, zu einer bestimmten Function dient, zu welcher die andere niemals benutzt wird, oder bei denen die heteropleure Entwickelung der beiden Antimeren durch specielle Anpassungen bedingt und mit wesentlicher Beeinträchtigung der schnellen Bewegungsfähigkeit verbunden ist.

Dass die bestimmte stereometrische Grundform der gleichschenkeligen Pyramide, welche den Eudipleuren zu Grunde liegt, nicht in mathematisch strengem Sinne in den Dysdipleuren nachgewiesen wer-

n kann, haben wir schon oben gezeigt, und es könnte demnach heinen, als ob eine stereometrische Grundform bei dieser letzten ichst differenzirten Formen-Gruppe überhaupt nicht zu finden wäre. ielmehr scheint sich dieselbe an den ersten und unvollkommensten usgangspunkt der ganzen organischen Formenreihe, an die Anaxoien oder die absolut unregelmässigen Körper zunächst anzuschliessen. Doch ist hier nochmals hervorzuheben, dass alle Dysdipleuren ursprünglich eudipleurisch angelegt sind, und erst nachträglich heteropleurisch werden; und dass sie daher die Grundform der halben Rhomben-Pyramide oder der gleichschenkeligen Pyramide während einer bestimmten (längeren oder kürzeren) Zeit ihres Lebens deutlich ausgeprägt zeigen. Die asymmetrische oder dysdipleure Bildung tritt immer erst secundär hervor, sobald die Ungleichheit im Wachsthum der beiden Antimeren beginnt. Wir sind demnach wohl berechtigt, die gleichschenkelige Pyramide als gemeinsame Grundform aller Dipleuren, auch der Dysdipleuren aufzustellen, und ihren Unterschied von der vollkommen symmetrischen Eudipleuren-Form dadurch auszudrücken, dass wir ihre beiden Seitenhälften, rechte und linke, nicht als symmetrisch-gleich, sondern nur als symmetrisch-ähnlich bezeichnen. Wollte man in streng mathematischem Sinne eine stereometrische Promorphe für die Dysdipleuren aufstellen, so würde man als solche nur die vollkommen irreguläre dreiseitige Pyramide, oder das absolut irreguläre Tetraeder bezeichnen können, als diejenige einfachste geometrische Form, in welcher drei auf einander senkrechte ungleiche und ungleichpolige Axen ausgesprochen sind. Wir würden aber dadurch nicht die Zusammensetzung des Körpers aus zwei ähnlichen Antimeren ausdrücken, durch welche sich die Dysdipleuren wesentlich von den Anaxonien unterscheiden.

Es ist schon oben hervorgehoben worden, das in streng mathematischem Sinne eigentlich wohl die grosse Mehrzahl der Dipleuren hierher gezogen werden müsste, weil nur selten die beiden Antimeren des Dipleuren-Körpers vollkommen symmetrisch gleich sind. Es braucht z. B. bloss an die Ungleichheit der beiden Gesichtshälften des Menschen erinnert zu werden, die hier deutlicher als an anderen Körpertheilen in die Augen springt. Indessen sind solche geringe Abweichungen, wie sie namentlich in der Ungleichheit der beiden Schädelhälften (viel auffallender z. B. bei vielen Delphinen und Affen), ferner bisweilen in der einseitigen Lage des Afters (bei *Lepidosiren*, *Amphioxus*), ferner in der einseitigen Ausbildung des Geruchsorgans bei *Amphioxus* u. s. w.) hervortreten, von keinem bestimmenden Einfluss auf die gesammte Grundform. Wir werden daher nur solche dipleure Formen als entschieden dysdipleure betrachten, bei welchen äusserlich die Ungleichheit der rechten und linken Körperhälfte in

solcher Weise hervortritt, dass die Gesammtform dadurch „unsymmetrisch“ erscheint. Wir sagen absichtlich „äusserlich“, denn im inneren Baue finden sich Differenzen) und oft sehr beträchtliche Differenzen!) zwischen rechter und linker Hälfte bei den allermeisten Eudipleuren vor. Insbesondere sind es bei den höheren Thieren, und namentlich bei den Wirbelthieren, die in inneren Höhlen eingeschlossenen „Eingeweide“, welche meistens in ihren unpaar vorhandenen Theilen eine äusserst unsymmetrische Lagerung und Vertheilung auf beide Hälften zeigen, so namentlich Herz, Magen Leber, Milz und Pancreas bei den Wirbelthieren, Kiemen, Herz, Niere und Geschlechtsorgane bei den Schnecken u. s. w. Nicht selten kommt auch von ursprünglich paarig angelegten Theilen der eine gar nicht zur Entwickelung, wie z. B. der rechte Eierstock der Vögel und des *Ornithorhynchus*, die eine von den beiden Lungen der Schlangen etc. Da jedoch diese innere Asymmetrie auf die äussere Erscheinung der gesammten dipleuren Körperform gar keinen Einfluss ausübt, so können wir hier vollständig von derselben absehen.

Wenn wir demnach als Dysdipleure im engeren Sinne nur solche dipleure organische Formen ansehen, bei welchen die Ungleichheit der beiden Körperhälften in so auffallender Weise äusserlich hervortritt, dass dadurch die Gesammtform asymmetrisch wird, so finden wir dieselben fast überall nur als einzelne Ausnahmen in solchen Gruppen von Organismen vor, deren allgemeine Grundform die eudipleure ist. Von den Personen des Thierreichs sind hier vor Allen zu erwähnen unter den Wirbelthieren die merkwürdige Fisch-Familie der Pleuronectiden, bei denen der Rumpf zwar ganz eudipleurisch, der Kopf aber so schief entwickelt ist, dass beide Augen auf einer Seite, bald rechts, bald links liegen; ferner unter den Säugethieren der Narwal-Delphin (*Monodon monoceros*), bei welchem nur der linke Schneidezahn zum mächtigen Stosszahn entwickelt, der rechte dagegen ganz verkümmert ist. Unter den Gliederfüssern sind besonders viele Crustaceen dysdipleurisch, namentlich parasitische Formen, ferner die Eremiten-Krebse (*Pagurus*) deren weiches Abdomen sich dadurch unsymmetrisch entwickelt hat, dass sie sich angewöhnt haben, dasselbe in einer spiral gewundenen Schneckenschale zu verbergen; entsprechend sind auch die beiden Scheeren sehr ungleich entwickelt (doch findet sich constant sehr ungleiche Grösse der beiden Scheeren auch bei anderen Decapoden, höchst auffallend bei *Gelasimus*). Am meisten zur Dysdipleuren-Entwickelung ist von allen Thiergruppen der Mollusken-Stamm geneigt; selbst unter den höchst entwickelten Cephalopoden spricht sie sich hier darin aus, dass immer nur ein Arm einer Seite hectocotylisirt ist. Unter den Schnecken gehören hierher alle, welche ein spiralig gewundenes Gehäuse bilden; bei den meisten ist die linke

Körperhälfte im Wachsthum bevorzugt, und dem entsprechend das Gehäuse links gewunden; seltener ist es umgekehrt rechts gewunden *(Clausilia, Physa)*. Unter den Lamellibranchien zeigt sich die Dysdipleurie höchst auffallend bei den meisten Muscheln, welche mit einer Schalenklappe festgewachsen sind (Pleuroconchae); die angewachsene Schale ist meistens grösser und tiefer, bei *Ostrea* meistens die linke, bei *Spondylus* die rechte; am meisten ausgezeichnet sind durch gänzlich verschiedene Ausbildung beider Hälften die Rudisten; doch spricht sich ein geringerer Grad von Differenz bei den meisten Muscheln in dem Unterschied der rechten und linken Schlosshälfte aus.

Unter den Pflanzen sind es insbesondere die eudipleuren Organe, welche in sehr vielen Fällen in die dysdipleure Form mehr oder minder auffallend übergehen. So finden wir namentlich unter den Blättern (Blumenblättern, Fruchtblättern, Laubblättern etc.) deren allgemeine Grundform die eudipleure ist, sehr häufig mehr oder weniger ausgezeichnete dysdipleure vor, so z. B. die Laubblätter von *Ulmus* und vor Allen von *Begonia* (dem „Schiefblatt"), ferner die spiralig gedrehten Blumenblätter vieler Orchideen, die asymmetrischen Carpelle vieler Früchte etc. Bei der allgemeinen Neigung zu spiraligem Wachsthum in dem Pflanzenreiche müssen hier dysdipleure Formen überall da zu Stande kommen, wo dasselbe eudipleurisch angelegte Theile betrifft.

In allen diesen Fällen zeigt uns entweder die embryologische oder die palaeontologische Entwickelungsgeschichte, dass die beiden ungleichen Hälften des dysdipleuren Körpers ursprünglich eudipleurisch angelegt waren, und dass demnach die Dysdipleurie sich erst secundär aus der reinen Eudipleurie hervorgebildet hat. Bald ist es die rechte, bald die linke Seite, welche (anfänglich der anderen Hälfte aequivalent) ein überwiegendes Wachsthum gewinnt und dadurch sich zu Ungunsten der anderen, schwächeren entwickelt. Daher kommen auch in allen Species, wo regelmässig die rechte Hälfte die stärkere ist, ausnahmsweise Fälle vor, in denen die linke überwiegt, und ebenso umgekehrt. So kennt man z. B. unter den spiralig gewundenen Schnecken mehr als fünfzig Species, welche gewöhnlich links, in einzelnen Fällen aber auch rechts gedreht sind (*Helix, Pupa, Bulimus, Fusus* etc.) Dass dies ganz vom Zufall, d. h. von verhältnissmässig unbedeutendem, mechanisch auf die Entwickelung einwirkenden Ursachen (Anpassungs-Bedingungen) abhängt, zeigen am deutlichsten die dysdipleuren Pleuronectiden, bei denen dieselbe Art, welche die Augen gewöhnlich rechts hat, sie bisweilen auch links trägt, und in seltenen Fällen sogar vollkommen symmetrisch vorkommt, z. B. *Pleuronectes maximus*.

Vierzehntes Capitel.

Grundformen der sechs Individualitäts-Ordnungen.

„Wäre die Natur in ihren leblosen Anfängen nicht so gründlich stereometrisch, wie wollte sie zuletzt zum unberechenbaren und unermesslichen Leben gelangen?"
Goethe.

I. Grundformen der Plastiden.

Promorphen der morphologischen Individuen erster Ordnung.

Die Plastiden oder Plasmastücke bilden als die morphologischen Individuen erster Ordnung die Bausteine, aus deren Aggregation sich der Körper aller Organismen aufbaut, die nicht selbst zeitlebens den Formwerth einer einzigen Plastide beibehalten. Als solche sind sie von eben so grosser promorphologischer wie tectologischer Bedeutung. Die Grundformen aller Form-Individuen zweiter und höherer Ordnung resultiren in letzter Instanz ebenso aus der Grundform, Zahl, Lagerungs- und Verbindungs-Weise der constituirenden Plastiden, wie deren Grundform selbst durch die Zahl, Lagerungs- und Verbindungs-Weise ihrer constituirenden Moleküle bedingt ist. Entsprechend nun dem unerschöpflichen Formenreichthum, der sich hierbei offenbart, zeigen uns auch die Grundformen der Plastiden, sowohl der kernfreien Cytoden, als der kernhaltigen Zellen, die grösstmögliche Mannichfaltigkeit und es ist keine stereometrische Grundform denkbar, welche nicht in irgend einer organischen Plastide ihre reale Verkörperung finden könnte. Sowohl im Protistenreiche als im Pflanzenreiche und Thierreiche können wir hie und da fast jede einzelne der im vorigen Capitel aufgezählten Grundformen verkörpert finden; von den niedersten und einfachsten, den Anaxonien und Homaxonien, bis zu den höchsten und vollkommensten,

den Amphipleuren und Zygopleuren. Diese ausnehmende Mannichfaltigkeit der Grundform, welche die Form-Individuen erster Ordnung vor denen der übrigen Ordnungen auszeichnet, ist vorzüglich durch zwei Umstände bedingt, erstens dadurch, dass die ersteren in weit höherem Maasse als die letzteren den allerverschiedensten und endlos mannichfaltigen Anpassungs-Verhältnissen sich fügen müssen, und zweitens dadurch, dass die meisten Plastiden, welche sich zu höherer Grundform erheben, während ihrer individuellen Entwickelung eine Reihe von niederen Grundformen durchlaufen müssen.

Nächst der unbeschränkten Mannichfaltigkeit der Grundformen liegt ein zweiter promorphologischer Character der Plastiden, und ein sehr wichtiger, in dem allgemeinen Vorherrschen der niederen Grundformen. Obschon auch alle höheren, ja selbst die höchsten und vollkommensten Promorphen in gewissen Plastiden verkörpert sind, treten diese doch im Ganzen zurück gegen die vorwiegend ausgebildeten niederen und einfachen Formen. Nur diejenigen Cytoden und Zellen, welche als freie und isolirte Lebenseinheiten das materielle Substrat von actuellen Bionten bilden, zeigen im Allgemeinen einen grösseren Reichthum von höheren Grundformen, während die grosse Mehrzahl aller übrigen Plastiden, die in dem geselligen Verbande der Synusie Organe und überhaupt Form-Individuen höherer Ordnung constituiren, allermeist niedere Promorphen beibehalten.

Wenn man alle gegenwärtig existirenden Cytoden und Zellen neben einander hinsichtlich ihrer Grundform vergleichen und statistisch ordnen könnte, so würde sich wahrscheinlich das Resultat ergeben, dass die Mehrzahl aller Plastiden entweder die vollkommen amorphe Grundform der Anaxonien besitzt, oder die absolut regelmässige Gestalt der Kugel und der sich an diese zunächst anschliessenden Monaxonien. Ferner würde sich dabei wahrscheinlich zeigen, dass die Kugelform bei denjenigen Plastiden überwiegt, welche ihre Gestalt, unbehindert von äusserem Druck frei nach allen Richtungen des Raumes entwickeln können, wie z. B. diejenigen, welche frei in einer Flüssigkeit leben (Blutzellen), während dagegen die Monaxonform und die Anaxonform bei denjenigen Plastiden vorherrscht, welche sich in ihrem allseitigen Wachsthum den äusseren Beschränkungen fügen müssen, die ihnen die Raumverhältnisse der umgebenden Plastiden auferlegen. Man hat aus diesem Grunde auch die Kugel als die ursprüngliche gemeinsame Grundform aller Zellen angesehen, und diese Anschauung könnte gerechtfertigt erscheinen, wenn wir an die Verhältnisse der Autogonie denken. Offenbar ist der denkbar einfachste und natürlichste Fall der Autogonie der, dass ein Plasmamolekül, welches auf andere benachbarte Moleküle derselben Eiweissverbindung anziehend wirkt (wie ein Kernkrystall in der Mutterlauge) diese Mas-

senattraction nach allen Seiten gleichmässig ausübt; und wenn so eine einfache Plastide autogon entsteht, so wird dieselbe die reine Kugelform besitzen müssen, deren vollständige Ausbildung obenein noch durch den festflüssigen Aggregatzustand des Plasma begünstigt wird. Indessen darf hierbei doch nicht vergessen werden, dass erstens schon ursprüngliche Verschiedenheiten in der autogonen Grundform durch die verschiedene atomistische Zusammensetzung des Plasma bedingt sein können (in ähnlicher Weise wie die bestimmten Grundformen der Krystalle durch die verschiedene chemische Constitution der krystallisirenden Materie gegeben sind). Zweitens aber werden sich die autogonen Plastiden, ebenso wie die sich selbst bildenden Krystalle niemals absolut frei bilden, d. h. niemals vollkommen unabhängig von störenden Einflüssen (Massen-Anziehungen) der umgebenden Naturkörper, und auch hierdurch kann die Kugelgestalt schon während ihrer Entstehung modificirt werden.

Vollkommen rein finden wir die Kugelform ausgeprägt vorzüglich in denjenigen Plastiden, welche in Flüssigkeiten ganz unbehindert sich frei nach allen Richtungen entwickeln können (Blutzellen, Eiterzellen, Schleimzellen vieler Thiere) und dann besonders in denjenigen, welche als virtuelle oder partielle Bionten bei der Fortpflanzung der Organismen thätig sind; unter den ersteren sind hier namentlich sehr zahlreiche Eier und Sporen, unter den letzteren viele Pollenkörner hervorzuheben.

Als die regelmässigsten Grundformen, welche sich zunächst an die Kugel anschliessen, haben wir im vorigen Capitel die Polyaxonien hervorgehoben, die irregulären und regulären endosphärischen Polyeder. Auch diese finden sich sehr häufig in Plastiden rein verkörpert vor, insbesondere wieder in den letzterwähnten virtuellen und partiellen Bionten, den Eiern und Sporen, und den Pollenkörnern.

Aus der grossen Formengruppe der Protaxonien sind es vor allen die Monaxonien, welche die Grundform sehr zahlreicher Zellen und Cytoden bilden, und zwar ebenso wohl die homopolen als die heteropolen. Unter den homopolen Monaxonien ist theils die anepipede Form des Sphäroids und Ellipsoids, theils die amphepipede Form des Cylinders in sehr zahlreichen Plastiden aller Organismen-Gruppen ausgesprochen, sehr oft in stereometrisch reiner Form. Dasselbe gilt von den heteropolen Monaxonien, und zwar ebenso von der anepipeden Form des Eies, als von der monepipeden Form des Kegels und der Halbkugel, und von der amphepipeden Form des abgestumpften Kegels. Massenhafte Beispiele hierfür liefern die Epithelialzellen der Thiere, die jugendlichen Zellen des Pflanzen-Parenchyms, die wenig ausgebildeten Plastiden vieler Protisten.

Seltener als die reine Monaxon-Form, welche sich unmittelbar durch

leichte Modificationen aus der Homaxonform ableiten lässt, finden wir die Stauraxonform in Plastiden verkörpert. Häufiger ist hier noch die homopole Form der Doppelpyramide, (z. B. in sehr vielen Pollenzellen, Diatomeen und Desmidiaceen sehr rein), als die heteropole Form der einfachen Pyramide. Unter den letzteren bilden wieder die homostauren oder regulären Pyramiden viel häufiger die Grundform von isolirten, solitären, die heterostauren oder irregulären Pyramiden dagegen von gesellig verbundenen, socialen Plastiden. Die am meisten differenzirte Heterostaurenform, und zwar sowohl die autopole, ganze, als die allopole, halbe amphithecte Pyramide, ist zwar mit allen ihren verschiedenen Modificationen in einzelnen Cytoden und Zellen sehr rein ausgeprägt, tritt aber doch ganz zurück gegen die vorwiegenden einfachen und regulären Grundformen, so wie gegen die absolut irregulären Anaxonien, welche in den Form-Individuen erster Ordnung die herrschenden Promorphen sind.

II. Grundformen der Organe.

Promorphen der morphologischen Individuen zweiter Ordnung.

Die Organe oder Werkstücke, in dem rein morphologischen Sinne, wie wir sie oben als Form-Individuen zweiter Ordnung näher bestimmt haben (p. 289), schliessen sich in promorphologischer Beziehung unmittelbar an die Plastiden an, sowohl durch die unbeschränkte Mannichfaltigkeit ihrer Formen, in welchen sich fast alle möglichen stereometrischen Grundformen realisirt nachweisen lassen, als durch das Vorherrschen der niederen und einfachen Promorphen, und vor allen der Anaxonien. Doch kommen daneben in den vollkommneren Organen auch höhere Grundformen sehr allgemein verbreitet vor, wie denn z. B. die höchste von Allen, die Dipleuren-Form, als die allgemeine Grundform der pflanzlichen Blätter und der thierischen Extremitäten bezeichnet werden kann.

Die ausserordentliche Mannichfaltigkeit in der Bildung der Grundform erklärt sich bei den Organen ebenso wie bei den Plastiden daraus, dass die Anpassungs-Verhältnisse dieser morphologischen Individualität absolut mannichfaltig sind, und dass keine Schranke die Ausbildung des Organs wie der Plastide nach den verschiedensten Richtungen behindert. Dazu kommt noch, dass die verwickelte Zusammensetzung der höheren Organe aus Complexen von niederen, die höchst complicirte Verflechtung von Zellfusionen, einfachen Organen, zusammengesetzten Organen, Organ-Systemen und Organ-Apparaten, alle möglichen Grundformen zu verwirklichen im Stande ist.

Die Mehrzahl der thierischen Organe gehört vielleicht, wie die

Mehrzahl aller Plastiden, der amorphen Grundform der Anaxonien an; nächstdem sind die niederen Polyaxonien und vorzüglich die Monaxonien sehr weit verbreitet; sowohl die homopolen als die heteropolen Monaxonien bilden die Grundform sehr zahlreicher Organe, und zwar in allen fünf Ordnungen von Organen, welche wir oben unterschieden haben. Aber auch die Stauraxonien, und zwar sowohl die homopolen Doppelpyramiden, als die heteropolen einfachen Pyramiden, finden sich in vielen Organen bei den verschiedenen Stämmen aller drei Reiche oft sehr deutlich ausgeprägt. Im Allgemeinen lässt sich von dem Vorherrschen bestimmter Grundformen in bestimmten Organen kaum etwas sagen, da die Verschiedenheiten der Anpassungs-Verhältnisse und der dadurch modificirten Grundformen im Allgemeinen zu unendlich mannichfaltig sind. Nur darauf kann aufmerksam gemacht werden, dass sich die lateralen zusammengesetzten Organe (die Blätter der Pflanzen, die Extremitäten der Thiere) im Allgemeinen durch Vorherrschen der Dipleuren-Form auszeichnen, und dass bei den pflanzlichen Blättern die eudipleure, bei den thierischen Extremitäten die dysdipleure Grundform vorherrschend ist. Am wenigsten scheint eine bestimmte stereometrische Grundform bei denjenigen verwickelten Organ-Complexen erkennbar zu sein, welche wir oben (p. 301, 302) als Organ-Systeme und Organ-Apparate unterschieden haben; doch ist dieselbe hier oft durch die Promorphe des ganzen Körpers ausgesprochen.

Diejenigen Organe, welche sich frei auf Oberflächen des Körpers entwickeln, zeigen meistens ausgeprägte Monaxon-Formen, wie z. B. die meisten Haare, Stacheln; oft jedoch auch entschiedene Eudipleuren-Form, wie die Federn, Schuppen. Die Organe, welche wir oben (p. 311) als Nebenstücke oder Parameren bezeichnet haben, und welche in ihrer Nebeneinander-Lagerung den Antimeren entsprechen, gleichen diesen auch stets in ihrer Grundform, welche in allen Fällen eine einfache Pyramide ist, und zwar meistens eine dreiseitige Pyramide. Gewöhnlich ist diese ungleichdreiseitig (dysdipleure), seltener gleichschenkelig (eudipleure). Dysdipleure sind z. B. die beiden Parameren, aus denen jedes eudipleure Blatt, jede Wirbelthierzehe zusammengesetzt ist. Eudipleure dagegen sind die Parameren, welche als drei Klappen die dreiarmigen Pedicellarien oder Greif-Organe der Seeigel zusammensetzen. Wie die Parameren in Grundform und Lagerung den Antimeren entsprechen, so zeigen auch diejenigen Organe, welche wir oben (p. 316) als Reihenstücke oder Epimeren bezeichnet haben, und welche in ihrer Hintereinander-Lagerung den Metameren entsprechen, gewöhnlich die Grundform der letzteren, nämlich meistens entweder die homostaure oder die heterostaure Promorphe (reguläre oder irreguläre Pyramide).

III. Grundformen der Antimeren.

Promorphen der morphologischen Individuen dritter Ordnung.

Die Antimeren oder Gegenstücke, als die Form-Individuen dritter Ordnung, zeigen hinsichtlich ihrer Grundform einen sehr auffallenden Gegensatz zu denjenigen erster und zweiter Ordnung. Gegenüber der unbeschränkten promorphologischen Mannichfaltigkeit der Organe und Plastiden findet sich bei den Antimeren (und ebenso auch bei den Parameren) nur eine sehr geringe Anzahl von stereometrischen Grundformen realisirt. Dieser Umstand ist unmittelbar bedingt durch die bestimmten Beziehungen, welche die Form-Individuen dritter Ordnung stets zu denjenigen vierter Ordnung, und ganz besonders zu ihres gleichen haben. Da der Körper aller höheren Form-Individuen (vierter und fünfter Ordnung) aus zwei oder mehr Antimeren zusammengesetzt ist, da die specifische Zahl derselben (die homotypische Grundzahl), und ebenso ihre Verbindung, in den einzelnen Species eine sehr constante ist, und da durch diese Verbindung die Grundform des Metameres und der Person bestimmt wird, so muss nothwendig auch die Grundform des Antimeres selbst eine sehr bestimmte und kann nur eine sehr einförmige sein. Alle Antimeren, welche ein Metamer oder eine Person zusammensetzen, müssen sich in bestimmten Ebenen berühren, und sie müssen ferner bestimmte gemeinsame Lagerungs-Beziehungen zu dem Centrum haben, welches ihnen allen gemeinsam ist. Je nachdem dieses Centrum ein Punkt, eine Linie oder eine Ebene ist, wird die stereometrische Grundform der Antimeren wesentliche Verschiedenheiten darbieten und werden dem entsprechend allgemeine Differenzen der Grundform bei den Antimeren der Centrostigmen, Centraxonien und Centrepipeden sich vorfinden. Wegen der hervorragenden Bedeutung, welche die Antimeren als die wichtigsten Factoren der Grundformen der Individuen vierter und fünfter Ordnung besitzen, ist es von Interesse, diese drei Fälle näher zu betrachten. (Vergl. Taf. I und II).

A. Die Formengruppe der Centrostigmen, ausgezeichnet dadurch, dass die Mitte des Körpers ein Punkt ist, zerfällt in die beiden Abtheilungen der Homaxonien (Kugeln) und der Polyaxonien (endosphärische Polyeder). Da bei den Kugeln keine Antimeren zu unterscheiden sind, so kommen hier ausschliesslich die endosphaerischen Polyeder in Betracht. Bei diesen ist allgemein jedes Antimer eine Pyramide, und zwar bei den rhythmischen eine reguläre, bei den arrhythmen entweder eine reguläre oder eine irreguläre Pyramide. Wenn das Polygon der Polyeder-Oberfläche, welches die Basis des Antimeres bildet, ein Dreieck ist, so ist die Grundform des letzteren die dreiseitige Pyramide, wenn das Polygon vier oder fünf Seiten hat, eine vierseitige oder fünfseitige Pyramide u. s. w. Die Grundform

aller Antimeren (und ebenso aller Parameren) bei den Polyaxonien ist also die heteropole Stauraxonform, die einfache Pyramide.

B. Die Formengruppe der Centraxonien, ausgezeichnet dadurch, dass die Mitte des Körpers eine Linie (entweder die einzige Axe oder die Hauptaxe, Längsaxe) ist, zerfällt in die vier Abtheilungen der Monaxonien, homopolen Stauraxonien, homostauren Heteropolen und autopolen Heterostauren. Von diesen kommen nur die drei letzteren in Betracht, da bei den Monaxonien (ohne Kreuzaxen, bloss mit einer Hauptaxe) keine Antimeren zu unterscheiden sind. Die Grundform der homopolen Stauraxonien ist die Doppelpyramide. Alle diese Formen sind also zu betrachten als zusammengesetzt aus zwei congruenten Pyramiden, (zwei Metameren), und jede dieser letzteren ist aus mindestens drei Antimeren zusammengesetzt. Diese müssen selbst wieder Pyramiden sein, und zwar dreiseitige. Bei den Isostauren (regulären Doppelpyramiden) ist jedes Antimer eine gleichschenkelige Pyramide (halbe Rhomben-Pyramide), bei den Allostauren dagegen (amphithecten Doppelpyramiden) entweder eine gleichschenkelige oder eine ungleichseitige dreikantige Pyramide. Bei den homostauren Heteropolen, deren Grundform die einfache reguläre Pyramide ist (z. B. allen sogenannten regulären Strahlthieren und wirklich regelmässigen Blüthen), muss jedes einzelne Antimer eine gleichschenkelige Pyramide (halbe Rhomben-Pyramide) sein. Bei den autopolen Heterostauren endlich, der höchststehenden Formengruppe unter den Centraxonien, deren Grundform die einfache amphithecte Pyramide ist (z. B. Ctenophoren und Madreporen), muss jedes einzelne Antimer entweder eine gleichschenkelige Pyramide sein (z. B. die beiden lateralen Antimeren der Madreporen, rechtes und linkes), oder eine ungleichseitig-dreikantige Pyramide (z. B. die beiden dorsalen und die beiden ventralen Antimeren der Madreporen). Mithin ist bei allen Centraxonien ohne Ausnahme die allgemeine Promorphe der Antimeren (und ebenso der Parameren) die dreiseitige Pyramide, entweder die halbe Rhomben-Pyramide (Eudipleuren-Form) oder die ungleich-dreiseitige Pyramide (Dysdipleuren-Form).

C. Die Formengruppe der Centrepipeden oder Zeugiten (allopolen Heterostauren), ausgezeichnet dadurch, dass die Mitte des Körpers eine Ebene (die Medianebene oder Sagittalebene) ist, zerfällt in die beiden Abtheilungen der Amphipleuren und Zygopleuren. Bei den ersteren besteht der Körper aus drei, fünf oder mehr, bei den letzteren aus zwei oder vier Antimeren. Bei den Amphipleuren ist die Grundform jedes Antimeres entweder die gleichschenkelige Pyramide (z. B. das ventrale Antimer der pentamphipleuren Echinodermen) oder eine ungleichdreiseitige Pyramide (die vier übrigen Antimeren der letzteren). Bei den Zygopleuren sind die Antimeren fast immer un-

:ichdreiseitige Pyramiden; die einzige Ausnahme bildet das dorsale d das ventrale Antimer bei den radialen Eutetrapleuren (z. B. die üthen von *Reseda, Betula, Scabiosa),* welche beide gleichschenkelige yramiden sind. Bei der eudipleuren Grundform, der wichtigsten von llen Promorphen, besitzt jede der beiden symmetrisch-gleichen Körerhälften die dysdipleure Grundform. Es ist also auch bei allen 'entrepipeden die Grundform der Antimeren (und ebenso der Parameren) entweder die gleichschenkelige Pyramide (Eudipleuren-Form) der die ungleichdreiseitige Pyramide (Dysdipleuren-Form).

Wir erhalten somit das wichtige promorphologische Gesetz, dass lie allgemeine stereometrische Grundform aller Antimeren ohne Ausnahme (und ebenso aller Parameren) eine einfache Pyramide ist, und zwar allermeist die dreiseitige (Dipleuren-Form), selten (nur bei einigen Centrostigmen) die vielseitige Pyramide. Gewöhnlich ist die dreiseitige Pyramide ungleichseitig (dysdipleure), seltener gleichschenkelig (eudipleure Grundform); im ersteren Falle ist ihre Basis ein ungleichseitiges, im letzteren ein gleichschenkeliges Dreieck.

Niemals kann demnach ein Paramer oder ein Antimer folgende Grundformen besitzen: 1. Anaxonie (Amorphe). 2. Homaxonie (Kugel). 3. Polyaxonie (endosphaerisches Polyeder). 4. Monaxonie (mit einer einzigen Axe). 5. Homopole Stauraxonie (Doppelpyramide).

IV. Grundformen der Metameren.

Promorphen der morphologischen Individuen vierter Ordnung.

Die Metameren oder Folgestücke zeigen ein ziemlich verschiedenes morphologisches Verhalten, je nachdem sie als actuelle Bionten sich isolirt entwickeln oder aber nur als morphologische Individuen vierter Ordnung subordinirte Theile einer Person bilden. Im ersteren Falle ist ihre Formen-Mannichfaltigkeit sehr gross, im letzteren mehr beschränkt.

Wenn die Metameren als actuelle Bionten auftreten, wie es bei den höheren Mollusken, den niederen Würmern (Trematoden, Nematoden, Gephyreen, Infusorien), sehr vielen Protisten und vielen Cryptogamen der Fall ist, so können dieselben, je nach der Zahl und Verbindung der constituirenden Antimeren, entweder (wie bei allen genannten Thiergruppen) vorwiegend die Eudipleuren-Form annehmen, oder aber zu den verschiedensten Grundformen sich ausbilden, wie es z. B. bei vielen Protisten (Radiolarien) der Fall ist. Ausgeschlossen sind hier nur (schon wegen der nothwendigen Zusammensetzung des Metamers aus zwei oder mehreren Antimeren) die Anaxonien, Homaxonien und Monaxonien. In allen Fällen muss die Grundform der Metameren zu den Heteraxonien gehören, und unter diesen ist nur die

Monaxonform und die homopole Stauraxon-Form ausgeschlossen, weil diese (als Doppelpyramide) selbst stets aus zwei congruenten Metameren (Pyramiden) zusammengesetzt ist.

Wenn dagegen die Metameren als subordinirte Bestandtheile eines Form-Individuums fünfter Ordnung, einer Person erscheinen, wie es bei allen Wirbelthieren, Arthropoden und Echinodermen, bei den meisten Würmern, Coelenteraten und Phanerogamen der Fall ist, so finden wir die Zahl der Grundformen, welche in ihnen realisirt sind, viel beschränkter. Es ist dann meistens die Grundform des Metameres dieselbe, wie diejenige der Person, zu der sie gehört, also bei den gegliederten „regulären" Strahlthieren und den regelmässigen Phanerogamen-Blüthen die Homostauren-Form (reguläre Pyramide), bei den „bilateral-symmetrischen" Thieren und Pflanzen-Sprossen im weiteren Sinne die Heterostauren-Form, (irreguläre Pyramide). Jedoch kommen auch oft Abweichungen von dieser Regel vor, wie z. B. in den verschiedenen Metameren („Blattkreisen") einer einzelnen Phanerogamen-Blüthe, deren Grundform häufig verschieden ist. So ist z. B. oft bei den fünfzähligen „symmetrischen" Blüthen der Papilionaceen, Labiaten etc. das Metamer des Kelches eine fünfseitige reguläre Pyramide (Homostaure), die übrigen Metameren der Blüthe dagegen halbe zehnseitige amphithecte Pyramiden (Pentamphipleuren). Ebenso sind bei vielen Anneliden die meisten Metameren Eutetrapleure, die vordersten dagegen, und namentlich der Kopf, Eudipleure; bei *Taenia* ist umgekehrt der Kopf tetractinot, die folgenden Metameren (Proglottiden) diphragmisch. In diesen Fällen, wo verschiedene Metameren einer und derselben Person verschiedene Grundformen haben, gilt immer die am höchsten differenzirte Grundform als diejenige der ganzen Person. Da die Grundform der Metameren, ebenso wie diejenige der Personen, zu verschiedenen Lebenszeiten oft eine verschiedene ist, so muss das betreffende Entwickelungs-Stadium bei der promorphologischen Bestimmung angegeben werden.

Bei der grossen Mehrzahl aller Metameren, sowohl im Thierreich, als im Pflanzenreich, ist die Grundform die halbe amphithecte Pyramide (Zeugiten-Form) und zwar allermeistens die gleichschenkelige Pyramide (Tetrapleura und Dipleura); nächstdem am häufigsten die halbe amphithecte Pyramide mit 3, 5 oder mehr Seiten (Amphipleura) und dann die reguläre Pyramide (Homostaura).

Alles, was von der Grundform der Metameren gesagt ist, welche die Personen zusammensetzen, dasselbe gilt auch von der Grundform der Epimeren, welche in ähnlicher Weise (als hinter einander liegende Theile) Organe und Plastiden constituiren. Wie die Metameren gewöhnlich die Grundform der Personen, so theilen die Epimeren diejenige der Organe und Plastiden, welche sie zusammensetzen.

V. Grundformen der Personen.

Promorphen der morphologischen Individuen fünfter Ordnung.

Die Personen oder Sprossen, sowohl die solitären, welche isolirt als einzelne Bionten leben, als auch die socialen, welche als Form-Individuen fünfter Ordnung solche sechster Ordnung (Stöcke) zusammensetzen, stimmen in ihrer Grundform gewöhnlich mit den Metameren überein, aus denen sie aufgebaut sind, und zeigen eine weit grössere promorphologische Mannichfaltigkeit, als die Antimeren. In den verschiedenen Klassen und Stämmen der drei Reiche ist die Grundform der Personen eine äusserst verschiedenartige; wir können hier aber auf deren Aufzählung völlig verzichten, da wir bei dem System der stereometrischen Grundformen, das wir im vorigen Capitel entwickelten, stets vorzugsweise die Person im Auge hatten, und fast bei allen einzelnen Grundformen Beispiele von Personen anführten.

Nur im Allgemeinen mag also daran erinnert werden, dass bei allen höheren Thieren (allen Wirbelthieren, Arthropoden und höheren Würmern) die Zygopleuren-Form (die gleichschenkelige Pyramide) die allgemein maassgebende Grundform ist, und zwar bei den am meisten entwickelten die dipleure, bei den tiefer stehenden die tetrapleure. Bei den Strahlthieren dagegen (Echinodermen und Coelenteraten) wie bei den Phanerogamen, ist die Grundform der Amphipleuren, der autopolen Heterostauren und der homostauren Heteropolen die vorherrschende. Die übrigen Grundformen, in denen die Person noch auftreten kann, finden sich grösstentheils bei Protisten und niederen Pflanzen verkörpert.

Dass sehr oft die Grundform der verschiedenen Metameren bei einer und derselben Person eine verschiedene ist (z. B. bei den verschiedenen Blattkreisen einer Blüthe), wurde schon vorher erwähnt, und hinzugefügt, dass in diesen Fällen immer die vollkommenste, am meisten differenzirte Grundform als diejenige der Person angesehen werden muss. Hier ist nun noch zu bemerken, dass auch sehr oft die Grundform einer und derselben Person in verschiedenen Lebensaltern eine verschiedene sein kann, je nachdem das eine oder das andere Metamer mit seiner maassgebenden Grundform vorwiegend oder allein entwickelt ist. So hat namentlich die Phanerogamen-Blüthe (Geschlechts-Person) sehr häufig eine wesentlich andere Grundform, als die Frucht, welche sich daraus entwickelt. Bei den Cruciferen z. B. ist die Promorphe der Blüthe die Tetraphragme, der Frucht die Diphragme, bei den Papilionaceen die Form der Blüthe Pentamphipleure, die der Frucht Eudipleure. Hier muss dann bestimmt das Entwickelungs-Stadium der Person angegeben werden, wenn ihre Promorphe bestimmt werden soll.

VI. Grundformen der Stöcke.

Promorphen der morphologischen Individuen sechster Ordnung.

Die Stöcke oder Cormen, welche als Form-Individuen sechster Ordnung stets eine Vielheit von Personen (Sprossen) darstellen, werden in ihrer Grundform wesentlich durch die Anordnung bestimmt, in welcher die letzteren zusammentreten. Bei den regelmässig verästelten Pflanzenstöcken wird die Stellung der Sprossen, welche seitlich aus dem Hauptspross entspringen und den Cormus zusammensetzen, durch die verwickelten Gesetze der Blattstellung bedingt, insofern die Sprossen als Axillarknospen aus den Blattwinkeln hervortreten. Dieselbe stereometrische Grundform des Hauptsprosses, welche durch die Blattstellung bedingt wird, ist dann natürlich auch zugleich die Promorphe des Stockes. Bei den einfachen, seltener bei den zusammengesetzten Stöcken, ist dieselbe oft scharf zu bestimmen, und zeigt sich dann meistens deutlich als eine einfache Pyramide (heteropole Stauraxonie) und zwar bald als reguläre Pyramide (Homostaure), (z. B. bei den Cruciaten, vielen Nadelbäumen), bald als irreguläre Pyramide (Heterostaure). Unter den regulären Pyramiden als Grundform des Stockes scheint besonders die dreiseitige und vierseitige häufig zu sein. Sehr häufig sind aber auch an dem einfachen Stocke, wie es bei den meisten zusammengesetzten der Fall ist, die Kreuzaxen nicht scharf oder gar nicht zu bestimmen, und dann müssen wir als Grundform die diplopole Monaxonform betrachten, das Ei oder den Kegel oder den abgestumpften Kegel. Als vollkommen unregelmässige oder anaxonie Stöcke, wie sie im Thierreich so verbreitet sind, können wir nur diejenigen Pflanzenstöcke betrachten, bei denen gar keine Axe bestimmt ausgesprochen ist, indem z. B. der Hauptspross sich nicht entwickelt und Seitensprosse nach allen Richtungen hin unregelmässig hervorwachsen.

Die grosse Mehrzahl der echten Thierstöcke (wohin wir nach den Erläuterungen des neunten Capitels nur die meisten Stöcke der Coelenteraten und eine Anzahl von Molluskenstöcken rechnen können), lassen ebenfalls, wie die meisten Pflanzenstöcke ihre stereometrische Grundform nur schwer erkennen, viele gar nicht deutlich. Sehr viele thierische Stöcke (Anthozoen, Hydroiden, Tunicaten, Bryozoen) erscheinen vollständig unregelmässig und formlos (Anaxonia). Die meisten übrigen lassen gewöhnlich nur die heteropole Monaxon-Form deutlich erkennen (Ei, Kegel, abgestumpfter Kegel). Viel seltener sind heteropole Stauraxonformen (Pyramiden), und unter diesen am seltensten vollkommen reguläre Pyramiden, wie sie bei einigen Siphonophoren deutlich vorkommen (*Porpita, Athorybia, Angela, Stephanomia, Forskalia*). Besonders bestimmend erscheint hier die Zahl und Lage-

rung der Schwimmglocken oder die radiale Composition des Stammes. Die Zahl der radialen Personen, die in einer Ebene um das Centrum liegen (z. B. bei *Athorybia* die Deckstücke), oder die Zahl der parallelen Längsreihen der Schwimmglocken entspricht der Zahl der Kanten der Pyramide. Ausnahmsweise kommen hier auch höhere Grundformen bei einzelnen Arten vor. So lässt sich z. B. die Grundform von *Velella* als Diphragme, von *Physalia* als Dysdipleure auffassen. Auch die Stöcke mit zweizeiligen Schwimmsäulen von mehreren Physophoriden (*Apolemia*) und Calycophoriden (*Hippopodius*) können als Diphragme betrachtet werden, wogegen die meisten Stöcke der Diphyiden Eudipleure oder Dysdipleure sind.

Die Eudipleuren-Form als die höchste und vollkommenste Grundform ist sonst bei den Cormen sehr selten, und namentlich selten so rein ausgebildet, wie es bei der federförmigen *Pennatula* und anderen Pennatuliden (der nierenförmigen *Renilla*, der zweizeiligen *Virgularia*) unter den Anthozoen der Fall ist. Offenbar ist auch hier wieder das Moment der freien Ortsbewegung, für welche immer die Eudipleuren-Form die passendste ist, maassgebend. Freilich kommen ähnliche eudipleure Stöcke auch bei festsitzenden Hydroidpolypen nicht selten vor. Doch ist hier, besonders bei den Sertularien (bei *Halecium*, *Plumularia* etc.) viel häufiger und reiner die Diphragmen-Form.

Im Ganzen genommen erscheinen jedoch diese Fälle von diphragmen und eudipleuren Grundformen bei den thierischen Cormen, und ebenso von homostauren Heteropolen bei den Pflanzenstöcken, als seltene Ausnahmen gegenüber der grossen Mehrzahl derjenigen Cormen, bei welchen entweder die diplopole Monaxonform oder aber gar keine bestimmte Grundform ausgeprägt ist, so dass wir sie zu den Anaxonien rechnen müssen. Es zeigen mithin die Stöcke, als die morphologischen Individuen sechster und höchster Ordnung keineswegs einen entsprechenden Reichthum verschiedener Promorphen oder auch nur ein Vorherrschen der höheren Formen; vielmehr stehen sie in beiden Beziehungen weit hinter den Form-Individuen fünfter und vierter Ordnung zurück, und schliessen sich eher den niedersten Individualitäts-Formen an, den Plastiden.

Fünfzehntes Capitel.

Promorphologische Thesen.

„Alles, was den Raum erfüllt, nimm
insofern es solidescirt, sogleich eine Gesta
an; diese regelt sich mehr oder wenige
und hat gegen die Umgebung gleiche Be-
züge mit anderen gleichgestalteten Wesen."
Goethe.

I. Thesen von der Fundamental-Form der Organismen.

1. Die äussere Form jedes Organismus ist ebenso wie seine innere Structur der Ausdruck des Lagerungs-Verhältnisses der im Ruhestand (Gleichgewichtstand) befindlichen Massen-Atome und der aus ihnen zusammengesetzten Moleküle, welche seine Masse constituiren.[1])

2. Die äusseren Formen der Organismen sind bedingt durch ihre innere Structur, und daher, gleich dieser selbst, als Ruhezustände (Gleichgewichtszustände) der organischen Materie nur in einem einzigen Zeitmomente erkennbar.

3. Die Ruhezustände (Gleichgewichtszustände) der Massen-Atom und der aus ihnen zusammengesetzten Moleküle, welche in der äussere Form des Organismus sich ausdrücken, werden durch dieselben ewige und unabänderlichen Gesetze der absoluten Nothwendigkeit bedin wie alle äusseren Formen in der anorganischen Natur (Krystalle alle sind mithin die nothwendigen Folgen wirkender Ursachen (nac dem allgemeinen Causalgesetz).

[1]) Ueber die „Thesen" vergl. p. 364, Anmerk.

4. Die äussere Form jedes organischen Individuums ist mithin immer ebenso gesetzmässig, wie diejenige jedes anorganischen Individuums und daher einer mathematischen Erkenntniss (Ausmessung und Berechnung) zugänglich; jedoch lassen sich in dieser Beziehung bei den organischen ebenso wie bei den anorganischen Individuen zwei Hauptgruppen von Formen unterscheiden, individuelle Formen nämlich mit und ohne feste, stereometrisch bestimmte Grundform.

5. Diejenigen individuellen Naturkörper, welche eine mathematisch bestimmbare Fundamentalform besitzen, können wir allgemein als Axenfeste (Axonia) bezeichnen, weil diese Fundamentalform, die Promorphe oder stereometrische Grundform, bestimmt wird durch das gesetzmässige Verhältniss der einzelnen Körpertheile zu einer oder mehreren festen Axen und deren beiden Polen.

6. Diejenigen individuellen Naturkörper, welche eine solche feste, mathematisch bestimmbare Fundamental-Form oder Promorphe nicht erkennen lassen, können im Gegensatz zu den Axenfesten als Axenlose oder Anaxonien bezeichnet werden.

7. Die axenfesten Anorgane werden theils als Sphaeroide, theils als Krystalle bezeichnet, die axenfesten organischen Individuen dagegen theils als symmetrische, theils als reguläre Formen; doch sind diese letzteren Ausdrücke von keiner constanten Bedeutung.

8. Die axenlosen Individuen, sowohl die anorganischen als die organischen, werden als Amorphe oder Irreguläre bezeichnet; doch hat man auch viele reguläre und symmetrische Formen häufig als irreguläre und asymmetrische („Amorphozoa" z. B.) bezeichnet.

9. Die Promorphe oder die stereometrische Grundform der Axenfesten ist nur sehr selten mathematisch rein in den axonien Individuen realisirt; gewöhnlich ist sie unter mehr oder weniger bedeutenden individuellen Formeigenthümlichkeiten und insbesondere unter verschiedenen Anpassungs-Modificationen der Oberfläche versteckt.

II. Thesen von dem Verhältniss der organischen zu den anorganischen Grundformen.

10. Die axenfesten oder axonien Formen der organischen Individuen sind ebenso wie diejenigen der anorganischen Individuen das nothwendige Resultat der gesetzmässigen Lagerung entsprechender Körpertheile um eine bestimmte Mitte (Centrum), durch welche eine oder mehrere Axen gehen.

11. Die Zahl der bestimmenden Axen sowie die Differenzirung dieser Axen und ihrer Pole ist bei den organischen Individuen (Morphonten) ungleich mannichfaltiger als bei den anorganischen Individuen

(Krystallen), daher auch die Zahl der verschiedenen Grundformen bei ersteren beträchtlich grösser, als bei letzteren.

12. Die meisten (aber nicht alle!) organischen Individuen zeigen ihre stereometrische Grundform nicht so unmittelbar deutlich und scharf, wie die meisten (aber nicht alle!) Krystalle, was theils durch den festflüssigen Aggregatzustand, theils durch die Variabilität, theils durch die zusammengesetzte Individualität der meisten Organismen bedingt ist.

13. Durch den festflüssigen Aggregatzustand der organischen Materie werden die gekrümmten Flächen, gebogenen Linien und unmessbaren Winkel bedingt, welche die meisten äusseren Formen der Organismen begrenzen, und welche nicht so unmittelbar einer strengen geometrischen Ausmessung und Berechnung zugänglich sind, wie die ebenen Flächen, geraden Linien und messbaren festen Winkel, welche die im festen Aggregatzustande befindlichen Krystalle begrenzen.

14. Durch den festflüssigen Aggregatzustand der organischen Materie wird die Anpassungsfähigkeit und dadurch die Veränderlichkeit (Variabilität) bedingt, welche die geformten Organismen von den geformten Anorganen unterscheidet, und welche eine absolut strenge stereometrische Erkenntniss der specifischen organischen Formen schon wegen ihrer Inconstanz unmöglich macht.

15. Da die meisten organischen Individuen sich von den meisten anorganischen durch ihre zusammengesetzte Individualität unterscheiden, da der Körper bei den ersteren meist aus heterogenen, bei den letzteren meist aus homogenen Bestandtheilen zusammengesetzt ist, so wird auch hierdurch die Erkenntniss der stereometrischen Grundform bei den ersteren bedeutend erschwert und complicirt.

16. Da die meisten Organismen sich entwickeln, d. h. während ihrer individuellen Existenz als Bionten eine Reihe von Form-Veränderungen durchlaufen, so ist auch aus diesem Grunde eine absolute stereometrische Erkenntniss ihrer individuellen äusseren Form (wie bei den Krystallen) nicht möglich.

17. Obgleich aus den angeführten Gründen, insbesondere also wegen des festflüssigen Aggregatzustandes aller Organismen, wegen ihrer tectologischen Zusammensetzung, wegen ihrer unbegrenzten Fähigkeit zur Anpassung und Abänderung, und wegen des Formenwechsels im Laufe der individuellen Entwickelung, eine absolute stereometrische Erkenntniss der organischen Formen (wie sie die Krystallographie erreicht) in den meisten Fällen nicht unmittelbar möglich ist, so ist dennoch eine ganz ähnliche mathematische Betrachtung derselben durch die Erkenntniss der idealen stereometrischen Grundform möglich, welche denselben ebenso wie den Krystallen zu Grunde liegt.

18. In den organischen Individuen ebenso wie in den Krystallen spricht sich diese stereometrische Grundform unverkennbar mit mathematischer Bestimmtheit aus in den gegenseitigen Verhältnissen der Axen, nach welchen die constituirenden Bestandtheile des Individuums geordnet erscheinen, und der beiden Pole, welche an jeder Axe zu unterscheiden sind.

19. Durch die Zahl dieser idealen (und oft zugleich realen, körperlichen) Axen, sowie durch das Verhältniss der Gleichheit oder Ungleichheit der Axen sowohl als ihrer beiden Pole, werden gewisse einfache stereometrische Grundformen mit mathematischer Sicherheit bestimmt, auf welche sich die nicht direct messbaren und berechenbaren organischen Formen ebenso wie diejenigen der Krystall-Individuen zurückführen lassen.

20. Die stereometrische Grundform oder die Promorphe jedes organischen Individuums drückt alle wesentlichen und die allgemeine Gestalt bestimmenden Lagerungs-Verhältnisse ihrer constituirenden Bestandtheile mit mathematischer Sicherheit ganz ebenso wie bei den individuellen Krystallen aus.

21. Jede wissenschaftliche Darstellung einer individuellen organischen Form hat zunächst die Aufgabe der Erkenntniss ihrer stereometrischen Grundform, an welche sich dann die detaillirte Beschreibung, Ausmessung und Berechnung, ebenso wie dies bei den Krystall-Individuen geschieht, anzuschliessen hat. [1])

22. Auf dieser sicheren promorphologischen Grundlage ist eine mathematische Erkenntniss der organischen Individuen ganz ebenso wie bei den Krystallen möglich.

III. Thesen von der Constitution der individuellen Grundformen.

23. Die Promorphe oder die stereometrische Grundform, welche jeder axenfesten organischen Form zu Grunde liegt, ist unmittelbar mit mathematischer Nothwendigkeit bedingt durch die Zahl und Grösse, die Lagerung und Verbindung, die Gleichheit oder Ungleichheit (Differenzirung) der constituirenden Form-Bestandtheile.

24. Bei den einfachen Organismen, d. h. denjenigen, welche ein einziges Individuum erster Ordnung, eine einzelne Plastide darstellen,

[1]) In allen Fällen, in denen eine wissenschaftlich genaue Darstellung einer individuellen organischen Form gefordert wird, müssen demnach zunächst die bestimmenden Axen aufgesucht, unterschieden und gemessen werden. Dann ist der Abstand der einzelnen Theile von den Axen und von ihren beiden Polen zu messen, und erst an diese mathematisch sichere Grundlage kann sich die detaillirte Beschreibung der besonderen Einzelheiten der Form, wie an ihr festes Skelet, anlehnen. Die eventuelle Ausmessung und Berechnung der Oberflächen-Verhältnisse hat sich stets unmittelbar auf die Abstände der Oberflächenpunkte von den Axen und ihren Polen zu beziehen.

ist daher die Grundform unmittelbar bedingt durch die Zahl und Grösse, die Lagerung und Verbindung, die Gleichheit oder Ungleichheit (Differenzirung) der constituirenden Moleküle, welche aus allen Massen-Atomen und Aether-Atomen des organischen Körpers zusammengesetzt sind.

25. Bei den zusammengesetzten Organismen dagegen, d. h. denjenigen, welche ein Aggregat oder einen Complex von zwei oder mehreren Individuen erster Ordnung (eine Colonie oder Synusie von zwei oder mehr Plastiden) darstellen (mithin bei allen Individuen zweiter oder höherer Ordnung) ist die Grundform unmittelbar bedingt durch die Zahl, Lagerung und Verbindung der constituirenden Individuen der nächst niederen Individualitäts-Ordnung.

26. Die Grundform der Organe oder der Form-Individuen zweiter Ordnung ist daher bedingt durch die Zahl, Lagerung und Differenzirung der constituirenden Plastiden (Cytoden und Zellen), und insbesondere durch die Zahl und Lagerung der Plastiden-Gruppen, welche als Parameren um eine gemeinsame Mitte herum liegen.

27. Die Grundform der Antimeren oder der Form-Individuen dritter Ordnung ist ebenso bedingt durch die Zahl, Lagerung und Differenzirung der constituirenden Organe, besonders der Parameren.

28. Die Grundform der Metameren oder der Form-Individuen vierter Ordnung ist bedingt durch die Zahl, Lagerung und Differenzirung der constituirenden Antimeren.

29. Die Grundform der Personen oder der Form-Individuen fünfter Ordnung ist bedingt durch die Zahl, Lagerung und Differenzirung der constituirenden Metameren (und dadurch natürlich zugleich der Antimeren).

30. Die Grundform der Stöcke (Cormen) oder der Form-Individuen sechster Ordnung ist bedingt durch die Zahl, Lagerung und Differenzirung der constituirenden Sprosse (Personen).

IV. Thesen von den Mitten-Differenzen der Grundformen.

31. Alle stereometrischen Grundformen der axenfesten organischen Individuen lassen sich bezüglich der Beschaffenheit ihrer natürlichen Mitte in drei Hauptgruppen bringen, welche wir Centrostigmen, Centraxonien und Centrepipeden nennen.

32. Bei den Centrostigmen, den stereometrischen Grundformen mit einem Mittelpunkte, ist die natürliche Mitte der Form, d. h. der planimetrische Körper, gegen welchen alle übrigen Theile des Körpers eine bestimmte gesetzmässige Lagerungs-, (Entfernungs- und Richtungs-) Beziehung haben, ein Punkt; dies ist der Fall bei der Kugel und beim endosphärischen Polyeder.

33. Bei den Centraxonien, den stereometrischen Grundformen mit einer Mittellinie (Axe), ist die natürliche Mitte der Form eine Linie (Hauptaxe oder Längsaxe); dies ist der Fall bei der Formengruppe der Monaxonien (Sphaeroid, Doppelkegel, Ellipsoid, Cylinder, Ei, Kegel, Hemisphaeroid, abgestumpfter Kegel); bei den Doppelpyramiden, den regulären Pyramiden und den amphithecten Pyramiden.

34. Bei den Centrepipeden, den stereometrischen Grundformen mit einer Mittelebene, ist die natürliche Mitte der Form einer Ebene (Medianebene oder Sagittalebene). Dies ist der Fall bei der Formengruppe der Zeugiten oder allopolen Heterostauren, deren allgemeine Grundform die halbe amphithecte Pyramide ist.

35. Die Centrostigmen sind die niedersten und unvollkommensten, die Centrepipeden die höchsten und vollkommensten organischen Grundformen: zwischen Beiden in der Mitte stehen die Centraxonien.

36. Alle verschiedene Grundformen, welche als untergeordnete Formarten dieser drei Hauptgruppen auftreten, lassen sich je nach der fortschreitenden Differenzirung ihrer Axen und deren Pole in eine aufsteigende Stufenleiter ordnen, deren Stufenordnung zugleich die stufenweis fortschreitende Vollkommenheit der Form bezeichnet.

37. Es existirt also ein promorphologischer Vollkommenheits-Grad jedes Organismus, welcher lediglich durch die Differenzirungsstufe seiner Grundform bedingt, und zunächst unabhängig von seinem tectologischen Vollkommenheits-Grade ist.

V. Thesen von den lipostauren Grundformen.

38. In Bezug auf die allgemeinen Verhältnisse der Axen zerfallen alle organischen Grundformen in zwei grosse Gruppen, nämlich Formen mit Kreuzaxen (Stauraxonia) und Formen ohne Kreuzaxen (Lipostaura).

39. Die Lipostauren oder Grundformen ohne Kreuzaxen stehen im Allgemeinen weit niedriger als die Stauraxonien oder Grundformen mit Kreuzaxen. Erstere kommen vorzugsweise nur bei den niederen und unvollkommeneren, letztere bei den höheren und vollkommeneren organischen Individuen vor.

40. Die lipostauren Grundformen haben entweder gar keine bestimmten Axen (Anaxonia) oder lauter gleiche Axen (Homaxonien, Kugeln) oder eine bestimmte Anzahl von constanten Axen, die aber alle gleich sind (Polyaxonien) oder endlich nur eine einzige constante Axe (Monaxonien); auf alle diese Formen ist weder die Bezeichnung regulär oder strahlig, noch die Bezeichnung bilateral oder symmetrisch nach dem gewöhnlichen Sprachgebrauche der organischen Morphologie

anwendbar; daher sind diese Formen bisher auch nicht von derselben berücksichtigt worden.[1])

41. Alle lipostauren Formen sind ausgezeichnet durch den Mangel einer bestimmten Anzahl von Meridian-Ebenen, welche sich in einer einzigen Hauptaxe schneiden, und durch welche der Körper in eine bestimmte Anzahl von gleichen oder ähnlichen Theilen getheilt wird.

42. Allen lipostauren Grundformen fehlen daher bestimmte Antimeren (Parameren) und Metameren (Epimeren), wenn man darunter in der strengeren Bedeutung des Begriffes nur diejenigen entsprechenden Theile versteht, welche entweder neben einander, rings um die Hauptaxe, oder hinter einander, in der Hauptaxe selbst liegen.

43. Bei einem Theile der Lipostauren, nämlich bei den Anaxonien (Klumpen), bei den Homaxonien (Kugeln) und bei den Monaxonien (mit einer einzigen Axe) sind correspondirende Theile, welche den Antimeren und Metameren entsprechen, überhaupt nicht vorhanden, da hier die ganze Form eine untheilbare Einheit darstellt.[2])

44. Bei dem anderen Theile der Lipostauren, nämlich den Polyaxonien, ist zwar der Körper stets aus mehreren correspondirenden Theilen zusammengesetzt, welche ein gleiches oder ähnliches Verhältniss gegen den gemeinsamen Mittelpunkt zeigen; da hier aber alle constanten Axen gleichwerthig sind, und keine derselben als Hauptaxe aufgefasst werden kann, so können die entsprechenden Theile eben so wohl als Antimeren (Parameren), wie als Metameren (Epimeren) angesehen werden.

45. Unter Berücksichtigung der Form-Verhältnisse, welche die Antimeren und Metameren im Allgemeinen bei den Stauraxonien zeigen, scheint es am Angemessensten, die correspondirenden (stets pyramidalen) Theile der Polyaxonien ein für allemal als Antimeren (oder Parameren) aufzufassen, (nicht als Metameren oder Epimeren); falls man dieselben nicht lieber mit dem neutralen Ausdruck „Perimeren“ belegen will.

---

[1]) In der That kann kein stärkerer Beweis für die bisherige allgemeine Vernachlässigung der Promorphologie geliefert werden, als die Thatsache, dass man gewöhnlich die meisten Lipostauren, und überhaupt alle Formen, welche nicht entweder „radial“ oder „bilateral“ waren, als „irreguläre“ oder „amorphe“ zusammengeworfen hat. Und doch sind gerade unter den Lipostauren vorwiegend sehr regelmässige, ja sogar die regelmässigsten von allen Grundformen, die Homaxonien und rhythmischen Polyaxonien. In der Botanik, welche überhaupt diese wichtigen Form-Verhältnisse bisher noch mehr als die Zoologie vernachlässigt hat, werden nebst den Lipostauren auch noch die meisten Heterostauren als „irreguläre“ bezeichnet.

[2]) Nur der Doppelkegel der Haplopolen könnte hier ausgenommen werden, wenn man denselben aus zwei Metameren oder Epimeren zusammengesetzt ansehen will.

VI. Thesen von den stauraxonien Grundformen.

46. Alle Stauraxonien oder Grundformen mit Kreuzaxen sind höhere und vollkommenere Grundformen, als alle Lipostauren, weil durch die Anwesenheit bestimmter Kreuzaxen, die sich in der Hauptaxe schneiden, eine grössere Mannichfaltigkeit und Differenzirungs-Möglichkeit gegeben ist, als bei irgend einer lipostauren Grundform.

47. Die gemeinsame stereometrische Grundform aller Stauraxonien ist die Pyramide, und zwar entweder die Doppelpyramide (Homopolen) oder die einfache Pyramide (Heteropolen).

48. Fast alle Formen, welche bisher von den Botanikern und Zoologen als „reguläre oder radiale", und als „symmetrische oder bilaterale" unterschieden wurden, sind Stauraxonien.

49. Die Bezeichnung „reguläre oder strahlige Formen", falls dieselbe beibehalten werden sollte, ist zu beschränken auf die beiden Formengruppen der Isostauren (regulären Doppelpyramiden) und Homostauren (regulären Pyramiden).[1])

50. Die Bezeichnung „symmetrische oder bilaterale Formen," falls dieselbe beibehalten werden sollte, ist zu beschränken auf die Formengruppe der Zeugiten oder Centrepipeden (allopole Heterostauren).[2])

51. Alle Stauraxonien sind ausgezeichnet (und wesentlich von den Lipostauren verschieden) durch den Besitz einer bestimmten Anzahl von Meridianebenen, welche sich in einer einzigen Hauptaxe schneiden, und durch welche der Körper in eine bestimmte Anzahl von gleichen oder ähnlichen Theilen getheilt wird.

---

[1]) Am besten ist die Bezeichnung „regulär oder regelmässig" und die meistens damit identisch gebrauchte „radial oder strahlig", gänzlich aus der Promorphologie zu eliminiren, da die verschiedenen Autoren eine Menge von gänzlich verschiedenen Grundformen darunter verstehen. Ausser den regulären Pyramiden und Doppel-Pyramiden, auf welche wir diesen Begriff beschränken, hat man auch alle Formen, welche aus mehr als zwei Antimeren oder Parameren zusammengesetzt sind, darunter verstanden, also von den Stauraxonien auch noch sämmtliche Allostauren, Autopolen und Amphipleuren. Ebenso liessen sich auch sämmtliche oder doch die meisten Lipostauren (nach Ausschluss der Anaxonien) so bezeichnen; und vor Allen verdienten von diesen die rhythmischen Polyaxonien regulär im engsten Sinne genannt zu werden.

[2]) Auch die Bezeichnung „symmetrische oder hälftige" und die meistens als gleichbedeutend gebrauchte Bezeichnung „bilaterale oder zweiseitige" Formen ist am besten ganz aus der Promorphologie zu verbannen, da man ausser den Zeugiten, auf welche wir diesen Begriff beschränken, noch vier verschiedene andere Formgruppen, theils von weiterem, theils von engerem Umfang darunter begriffen hat, nämlich I. alle Heterostauren (autopole und allopole); II. die Zygopleuren (im Gegensatz zu den Amphipleuren); III. die Dipleuren, und endlich IV. im engsten Sinne die Eudipleuren (im Gegensatz zu den „asymmetrischen" Dysdipleuren).

52. Die correspondirenden Theilstücke des Stauraxonien-Körpers, welche durch ihre Anzahl, Lagerung und Differenzirung (Gleichheit oder Ungleichheit) die Grundform des stauraxonien Individuums näher bestimmen, sind entweder Parameren (bei den Form-Individuen erster bis dritter Ordnung) oder Antimeren (bei den Metameren und den Ketten-Personen), oder Metameren (bei den Busch-Personen) oder Personen (bei den Stöcken); die grösste promorphologische Bedeutung haben im Allgemeinen die Antimeren, nächstdem die Parameren; ihre Grundform ist stets pyramidal.

53. Alle Stauraxonien zerfallen in zwei Hauptgruppen, je nachdem die Körpermitte entweder eine der Meridianebenen ist (Zeugiten) oder aber die Hauptaxe, in welcher sich alle Meridianebenen schneiden (centraxonie Stauraxonien).

54. Die centraxonien Stauraxonien, bei denen die Körpermitte eine Linie (die Hauptaxe) ist, sind entweder I. reguläre Doppel-Pyramiden (Isostauren); oder II. reguläre Pyramiden (Homostauren); oder III. amphithecte Doppelpyramiden (Allostauren) oder IV. amphithecte Pyramiden (Autopolen); bei allen diesen Formen sind die beiden Pole sämmtlicher Kreuzaxen gleichpolig; es ist also niemals die rechte Seite von der linken verschieden, und ebenso niemals die Rückenseite von der Bauchseite; jene sowohl als diese sind unter sich congruent.

55. Die centrepipeden Stauraxonien oder die Zeugiten, bei denen die Körpermitte eine Ebene (die Medianebene) ist, sind entweder I. halbe amphithecte Pyramiden, oder II. irreguläre Pyramiden (heteropleure Zeugiten); hier ist stets mindestens eine Kreuzaxe ungleichpolig; es ist also stets die dorsale von der ventralen Seite verschieden, und die rechte von der linken, welche hier niemals congruent sind.

VII. Thesen von den zeugiten Grundformen.

56. Die Formengruppe der Zeugiten oder Centrepipeden (allopolen Heterostauren) oder der bilateral-symmetrischen Formen in der zweiten Bedeutung des Begriffes, bildet als halbe amphithecte Pyramide die höchste und am meisten differenzirte Grundform der Organismen.

57. Die Zeugiten oder Centrepipeden sind vor allen übrigen organischen Formen ausgezeichnet durch den Besitz von drei ungleichen idealen Axen (Richtaxen, Euthyni), von denen entweder zwei ungleichpolig sind, die dritte gleichpolig, oder aber alle drei ungleichpolig.

58. Die drei Richtaxen der Zeugiten halbiren sich gegenseitig, stehen auf einander senkrecht und entsprechen den drei Dimensionen

des Raumes; sie können dem entsprechend als Längenaxe (Axis longitudinalis), Dickenaxe (Axis sagittalis) und Breitenaxe (Axis lateralis) bezeichnet werden.

59. Die beiden Pole der Längenaxe oder Hauptaxe sind allgemein in der Promorphologie als Mundpol (Polus oralis) oder Peristompol und als Gegenmundpol (Polus aboralis) oder Antistompol zu bezeichnen, gleichviel ob sie oben oder unten, vorn oder hinten liegen.

60. Die beiden Pole der Dickenaxe oder Dorsoventralaxe sind allgemein in der Promorphologie als Rückenpol (Polus dorsalis) und als Bauchpol (Polus ventralis) zu bezeichnen, gleichviel ob sie oben oder unten, vorn oder hinten liegen.

61. Die beiden Pole der Breitenaxe oder Lateralaxe sind allgemein in der Promorphologie als rechter Pol (Polus dexter) und linker Pol (Polus sinister) zu bezeichnen, gleichviel ob sie beide einander gleich oder ungleich sind.

62. Durch die drei auf einander senkrechten und sich gegenseitig halbirenden idealen Axen, welche den drei Dimensionen des Raumes entsprechen, werden drei auf einander senkrechte Ebenen, die Richtebenen (Plana euthyphora) bestimmt, welche von der grössten promorphologischen Bedeutung sind.

63. Die erste Richtebene ist die Medianebene oder Hauptebene (Planum medianum, Sagittalebene, Halbirungsebene), welche den ganzen Körper der Centrepipeden oder Zeugiten in zwei symmetrisch-gleiche Stücke, rechte und linke Hälfte theilt (pars dextra und pars sinistra) sie wird bestimmt durch die Längenaxe und die Dickenaxe.

64. Die zweite Richtebene ist die Lateralebene oder Breitenebene (Planum laterale) welche den ganzen Zeugitenkörper in zwei ungleiche Stücke theilt, Rücken- und Bauchhälfte (pars dorsalis und pars ventralis); sie wird bestimmt durch die Längenaxe und die Breitenaxe.

65. Die dritte Richtebene ist die Aequatorialebene oder Dickenebene (Planum aequatoriale), welche den ganzen Zeugitenkörper in zwei ungleiche Stücke, orale und aborale Hälfte theilt (pars oralis und pars aboralis); sie wird bestimmt durch die Breitenaxe und die Dickenaxe.

66. Die physiologischen, von der Locomotion der frei beweglichen und von der Anheftung der festsitzenden Zeugiten und ihrer relativen Richtung gegen die Erdaxe und den Horizont entnommenen Bezeichnungen: Vordere und hintere Seite, obere und untere Seite, horizontale und verticale Axe sind zu verbannen und durch die vorher bestimmten, rein morphologischen Bezeichnungen zu ersetzen.[1])

[1]) Die vollständige Elimination der topographisch-physiologischen Bezeichnungen Vorn und Hinten, Oben und Unten, Horizontal und Vertical — aus der

VIII. Thesen von der Vollkommenheit der organischen Grundformen.

67. Die Grundform der organischen Individuen ist um so vollkommener, je ungleichartiger ihre constanten Axen sind.

68. Die Grundform ist um so vollkommener, je grösser die Zahl der ungleichartigen Axen, je geringer die Zahl der gleichartigen Axen ist.

69. Die Grundform ist um so vollkommener, je ungleichartiger die beiden Pole ihrer Axen sind.

70. Die Grundform ist um so vollkommener, je grösser die Zahl der ungleichartigen Pole und je geringer die Zahl der gleichartigen Pole ihrer Axen ist.

---

gesammten Morphologie halten wir für sehr wichtig, weil sie hauptsächlich an der ausserordentlichen Verwirrung schuld ist, welche in der topographischen Bezeichnung der Körperregionen bei Thieren und Pflanzen, oft bei nächstverwandten Arten, eingerissen ist. Alle drei Richtaxen können jede mögliche Lage gegen den Horizont haben, ebenso ihre Pole.

Die Hauptaxe oder Längsaxe (Axis longitudinalis) kann jede mögliche Lage haben. Sie steht entweder senkrecht (z. B. Mensch, Pinguin, kriechende Cephalopoden, allopole aufrechte Pflanzensprosse) oder wagerecht (die meisten kriechenden Thiere, die kriechenden Pflanzensprosse) oder unter irgend einem Winkel gegen den Horizont geneigt (die allopolen Seitensprossen der Pflanzen und Coelenteraten-Stöcke. Der Mundpol oder erste Pol der Hauptaxe (Peristomium) ist bald oben (die meisten festsitzenden Thiere, z. B. Bryozoen, Anthozoen, die aufrechten Pflanzensprosse) bald unten (z. B. Seesterne, Cidariden, Medusen, hängende und nickende Blüthensprosse) bald vorn (z. B. die meisten kriechenden Thiere und die kriechenden Pflanzensprosse), bald hinten (die rückwärts kriechenden Thiere, z. B. Crustaceen); ebenso hat der entgegengesetzte zweite Pol der Hauptaxe oder Gegenmundpol (Antistomium) jede mögliche Lage, oben oder unten, vorn oder hinten.

Die Dorsoventralaxe oder Dickenaxe (Axis sagittalis) kann ebenfalls jede mögliche Lage haben. Sie steht horizontal (Mensch, Pinguin, kriechende Cephalopodon) oder vertical (die meisten kriechenden Thiere) oder unter irgend einem Winkel gegen den Horizont geneigt (die zeugiten Pflanzensprosse als Aeste und Zweige der Stöcke etc.). Der Dorsalpol oder erste Pol der Dickenaxe befindet sich bald oben (die meisten kriechenden Thiere), bald unten (die Heteropoden und andere auf dem Rücken schwimmende Thiere), bald hinten (Mensch, Pinguin etc.), bald vorn (rückwärts kriechende Thiere mit verticaler Hauptaxe); ebenso hat der entgegengesetzte zweite Pol der Dickenaxe oder der Ventralpol jede mögliche Lage, unten oder oben, vorn oder hinten.

Die Lateralaxe oder Breitenaxe (Axis lateralis) liegt zwar bei den allermeisten Zeugiten horizontal; allein bei vielen festgewachsenen zeugiten Thieren, sowie bei den Pleuronectiden und anderen Dysdipleuren steht auch oft der eine (linke) Pol derselben unten, der andere (rechte) oben (oder umgekehrt), die Breitenaxe mithin vertical, oder unter irgend einem Winkel gegen den Horizont geneigt, z. B. bei den festgewachsenen Muscheln, Austern etc.

71. Der Vollkommenheits-Grad der Grundform (also auch der ganzen äusseren Form) oder die promorphologische Stufenhöhe ist im Allgemeinen (aber nicht durchgängig!) verbunden mit dem Vollkommenheits-Grad der Structur (also der inneren Form) oder der tectologischen Stufenhöhe.

72. Indem der Organismus während seiner individuellen Entwickelung im Allgemeinen (aber nicht durchgängig!) an tectologischer Vollkommenheit (Differenzirung der inneren Structur) zunimmt, wächst derselbe zugleich im Allgemeinen (aber nicht durchgängig!) an promorphologischer Vollkommenheit (Differenzirung der äusseren Form und ihrer stereometrischen Grundform).

IX. Thesen von der Hemiedrie der organischen Grundformen.

73. In der aufsteigenden Stufenleiter der Grundformen sind zahlreiche höhere oder vollkommenere Formen die Hälften der nächstverwandten niederen oder unvollkommeneren Formen und verhalten sich zu diesen ganz ähnlich, wie die hemiedrischen Krystalle zu den holoedrischen Krystallen.

74. Der Vervollkommnungs-Process, durch welchen hemiedrische organische Grundformen aus holoedrischen hervorgehen, ist wesentlich eine Differenzirung beider Pole einer Axe.

75. Die Diplopol-Form (Kegel, Hemisphaeroid) ist die hemiedrische Differenzirungsform der Haplopol-Form (Doppelkegel, Sphäroid).

76. Die Heteropol-Form (Pyramide) ist die hemiedrische Differenzirungs-Form der Homopol-Form (der Doppel-Pyramide).

77. Die Homostauren-Form (Reguläre Pyramide) ist die hemiedrische Differenzirungs-Form der Isostauren-Form (der regulären Doppelpyramide).

78. Die Autopolen-Form (Amphithecte Pyramide) ist die hemiedrische Differenzirungs-Form der Allostauren-Form (der amphithecten Doppelpyramide).

79. Die Tetractinoten-Form (Reguläre vierseitige Pyramide oder Quadrat-Pyramide) ist die hemiedrische Differenzirungs-Form der octopleuren Isostauren-Form (des Quadrat-Octaeders).

80. Die Orthostauren-Form (Amphithecte vierseitige Pyramide oder Rhomben-Pyramide) ist die hemiedrische Differenzirungs-Form der octopleuren Allostauren-Form (des Rhomben-Octaeders).

81. Die Allopolen-Form oder Zeugiten-Form (halbe ampithecte Pyramide) ist die hemiedrische Differenzirungs-Form der Autopolen-Form (der amphithecten Pyramide).

82. Die Amphipleuren-Form (halbe amphithecte Pyramide, von $\frac{4+2n}{2}$ Seiten) ist die hemiedrische Differenzirungs-Form der Oxystauren-Form (der amphithecten Pyramide von $4+2n$ Seiten).

83. Die Zygopleuren-Form (Gleichschenkelige Pyramide) ist die hemiedrische Differenzirungs-Form der Orthostauren-Form (der Rhomben-Pyramide).

84. Die Dysdipleuren-Form (Ungleichdreiseitige Pyramide ist die hemiedrische Differenzirungs-Form der Eudipleuren-Form (der halben Rhomben-Pyramide).

X. Thesen von der Krystallform organischer Individuen.

85. Alle einfachen und regelmässigen stereometrischen Körper, welche als Grundformen der anorganischen Krystallsysteme vorkommen, finden sich eben so vollkommen auch in gewissen organischen Formen verkörpert.

86. Der Würfel und das Octaeder, die Grundformen des tesseralen oder regulären Krystallsystems, finden sich in den organischen hexaedrischen und octaedrischen Formen der rhythmischen Polyaxonien realisirt.

87. Das Quadrat-Octaeder, die Grundform des tetragonalen oder quadratischen Krystallsystems, findet sich in den organischen Formen der octopleuren Isostauren realisirt.

88. Das Rhomben-Octaeder, die Grundform des rhombischen Krystallsystems, findet sich in den organischen Formen der octopleuren Allostauren realisirt.

89. Das Hexagonal-Dodecaeder, die Grundform des hexagonalen Krystallsystems, findet sich in den organischen Formen der hexapleuren Isostauren realisirt.

IX. Thesen von den Grundformen der sechs Individualitäts-Ordnungen.

90. Die Form-Individuen erster Ordnung, die Plastiden (Cytoden und Zellen) können alle möglichen Grundformen haben, zeigen jedoch vorzugsweise die niederen Grundformen, insbesondere die monaxonien (haplopolen und diplopolen).

91. Die Form-Individuen zweiter Ordnung, die Organe, können ebenfalls alle möglichen Grundformen haben, zeigen jedoch vorzugsweise einerseits die niedersten (anaxonien, homaxonien, monaxonien), andererseits die höchsten (eudipleuren und dysdipleuren).

92. Die Form-Individuen dritter Ordnung, die Antimeren, zeigen ausschliesslich die Heteropolen-Form (einfache Pyramide), und zwar

seltener die homostaure (reguläre Pyramide), häufiger die heterostaure Form (irreguläre Pyramide); die letztere ist am häufigsten die dysdipleure, nächstdem die eudipleure Form.

93. Die Form-Individuen vierter Ordnung, die Metameren, besitzen meistens, gleich den Antimeren und den Personen, die heteropole Grundform (einfache Pyramide); und zwar häufiger die Zeugiten-Form (halbe amphithecte Pyramide), seltener die Homostauren-Form (reguläre Pyramide). Unter der ersteren ist am häufigsten die eudipleure Form.

94. Die Form-Individuen fünfter Ordnung, die Personen, besitzen ebenfalls vorwiegend die heteropole Grundform (einfache Pyramide) und zwar die sogenannten „regulären oder radialen" Personen die homostaure, die sogenannten „symmetrischen oder bilateralen" Personen die allopole (Zeugiten-Form); die letztere ist entweder die amphipleure oder die zygopleure Form.

95. Die Form-Individuen sechster Ordnung, die Stöcke, zeigen nur selten höhere, meistentheils niedere Grundformen, entweder anaxonie und homaxonie, oder monaxonie (haplopole und am meisten diplopole); die diplopole Monaxonform scheint hier die häufigste Grundform zu sein.

Anhang zum vierten Buche.

I. Das promorphologische System als generelles Formen-System.

Das System der Grundformen, welches von uns im dreizehnten Capitel construirt und entwickelt worden ist, haben wir zunächst aufgestellt, um dadurch eine geordnete Uebersicht über die unendliche Fülle der gesetzmässig gebildeten organischen Formen zu gewinnen. Indem wir am Schlusse des vierten Buches, in diesem Anhange, die wichtigsten Kategorieen jener organischen Grundformen nochmals, nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet, übersichtlich zusammenstellen, wollen wir nicht unterlassen, den Hinweis darauf vorauszuschicken, dass unser Formen-System auch noch einer weiteren Anwendung fähig ist. Wie wir bereits die Krystallformen und die characteristischen Formen gewisser menschlicher Kunst-Producte (p. 521) als ebenfalls innerhalb des Formenkreises unseres Systems fallend nachgewiesen haben, wie auch die Sphaeroid-Form der Weltkörper sich der (anepipeden) Haplopolen-Form unterordnet, so werden wir bei allgemeinerer Betrachtung desselben finden, dass überhaupt alle verschiedenen Körperformen, welche in der Natur, und ebenso auch die verschiedenen Formen der Kunst-Producte, welche in der Sphäre menschlicher Kunstthätigkeit entstehen, sich demselben einordnen lassen. Die Erkenntniss der formbestimmenden Axen und ihrer Pole wird uns auch hier überall als erklärende Leuchte in dem unendlichen Chaos der realen Formen dienen. So erkennen wir z. B. in den meisten Bewegungswerkzeugen zu Wasser und zu Lande die Eudipleuren-Form, in den meisten Waffen (Gewehren etc.) die Dysdipleuren-Form, in den meisten Vasen die Diphragmen-Form, in den meisten Bechern, Schüsseln, Glasgefässen, Luftballons etc. entweder die homostaure oder die diplopole Grundform wieder. Der innige mechanische Zusammenhang zwischen Form und Function ist hier ebenso wie bei den organischen Formen in der Natur unverkennbar. Es wird daher unser promorphologisches System nur weniger Ergänzungen bedürfen, um als erklärender Führer bei der geordneten vergleichenden Betrachtung sämmtlicher Körperformen überhaupt gute Dienste leisten zu können. Wir hoffen, damit die Grundlage eines generellen Formen-Systems gegeben zu haben.

II. Uebersicht der wichtigsten stereometrischen Grundformen nach ihrem verschiedenen Verhalten zur Körpermitte.

I. Organische Grundformen ohne geometrische Mitte. Acentra.

1. Anaxonia. *Spongilla-Form.* Klumpen (Absolut irreguläre Form).

II. Organische Grundformen mit einem Mittelpunct. Centrostigma.

1. Homaxonia. *Sphaerozoum-Form.* Kugel.
2. Allopolygona. *Rizosphaera-Form.* Endosphärisches Polyeder mit ungleich-vieleckigen Seiten.
3. Isopolygona. *Ethmosphaera-Form.* Endosphärisches Polyeder mit gleich-vieleckigen Seiten.
4. Icosaedra. *Aulosphaera-icosaedra-Form.* Reguläres Icosaeder.
5. Dodecaedra. *Bucholzia-Pollen-Form* (Bucholzia maritima etc.). Reguläres Dodecaeder.
6. Octaedra. *Chara-Antheridien-Form.* Reguläres Octaeder.
7. Hexaedra. *Hexaedromma-Form* (Actinomma drymodes). Regulares Hexaeder.
8. Tetraedra. *Corydalis-Pollen-Form* (Corydalis sempervirens etc.) Reguläres Taetraeder.

III. Organische Grundformen mit einer Mittellinie (Axe). Centraxonia.

1. Haplopola anepipeda. *Coccodiscus-Form.* Sphäroid.
2. Haplopola amphepipeda. *Pyrosoma-Form.* Cylinder.
3. Diplopola anepipeda. *Ovulina-Form.* Ei.
4. Diplopola monepipeda. *Conulina-Form.* Kegel.
5. Diplopola amphepipeda. *Nodosaria-Form.* Kegelstumpf.
6. Isostaura polypleura. *Heliodiscus-Form.* Reguläre Doppelpyramide.
7. Isostaura octopleura. *Acanthostaurus-Form.* Quadrat-Octaeder.
8. Allostaura polypleura. *Amphilonche-Form.* Amphithecte Doppel-Pramide.
9. Allostaura octopleura. *Stephanastrum-Form.* Rhomben-Octaeder.
10. Homostaura. *Aequorea-Form.* Reguläre Pyramide.
11. Tetractinota. *Aurelia-Form.* Quadrat-Pyramide.
12. Oxystaura. *Eucharis-Form.* Amphithecte Pyramide.
13. Orthostaura. *Saphenia-Form.* Rhomben-Pyramide.

IV. Organische Grundformen mit einer Mittelebene. Centrepipeda.

1. Amphipleura. *Spatangus-Form.* Halbe amphithecte Pyramide.
2. Eutetrapleura radialia. *Praya-Form.* Doppeltgleichschenkelige Pyramide.
3. Eutetrapleura interradialia. *Nereis-Form.* Antiparallelogramm-Pyramide.
4. Dystetrapleura. *Abyla-Form.* Ungleichvierseitige Pyramide.
5. Eudipleura. *Homo-Form.* Gleichschenkelige Pyramide.
6. Dysdipleura. *Pleuronectes-Form.* Ungleichdreiseitige Pyramide.

I. Organische Grundformen ohne Kreuzaxen. Lipostaura. — Promorphologische I

Keine constante Axe		Alle Axen ungleich.	Absolut Irreguläre	1. *Anaxonia*
		Alle Axen gleich.	Absolut Reguläre	2. *Homaxonia*
Eine oder mehrere constante (vor allen übrigen ausgezeichnete) Axen; aber keine Kreuzaxen.	Mehrere (mehr als zwei) constante Axen *Polyaxonia*	Nicht alle Antimeren congruent *Polyaxonia arrhythma*	Grenzflächen ungleichvielseitig	3. *Allopolygona*
			Grenzflächen gleichvielseitig	4. *Isopolygona*
		Alle Antimeren congruent *Polyaxonia rhythmica*	20 congruente Antimeren	5. *Icosaedra*
			12 congruente Antimeren	6. *Dodecaedra*
			8 congruente Antimeren	7. *Octaedra*
			6 congruente Antimeren	8. *Hexaedra*
			4 congruente Antimeren	9. *Tetraedra*
	Eine einzige constante Axe (Längsaxe) *Monaxonia*	Axe gleichpolig *Haplopola*	Keine Grenzebene	10. *Haplopola anep*
			Zwei Grenzebenen	11. *Haplopola amp*
		Axe ungleichpolig *Diplopola*	Keine Grenzebene	12. *Diplopola anepi*
			Eine Grenzebene	13. *Diplopola mone*
			Zwei Grenzebenen	14. *Diplopola amph*

II. Organische Grundformen mit Kreuzaxen. Stauraxonia.

Längsaxe gleichpolig. Doppelpyramiden. *Homopola*	Alle radialen oder alle semiradialen Kreuzaxen gleich *Isostaura*.			3,5 oder 5+n Antimeren		15. *Isostaura polyp*
				Nur 4 Antimeren		16. *Isostaura octop*
	Nicht alle radialen oder semiradialen Kreuzaxen gleich *Allostaura*.			4+2n Antimeren		17. *Allostaura poly*
				Nur 4 Antimeren		18. *Allostaura octo*
Längsaxe oder Hauptaxe ungleichpolig.	Alle radialen oder alle semiradialen Kreuzaxen unter einander gleich *Homostaura*		Kreuzaxen gleichpolig, halb radial, halb interradial. *Isopola*	10+2n Antimeren		19. *Myriactinota*
				10 Antimeren		20. *Decactinota*
				8 Antimeren		21. *Octactinota*
				6 Antimeren		22. *Hexactinota*
				4 Antimeren		23. *Tetractinota*
			Kreuzaxen ungleichpolig, alle semiradial. *Anisopola*.	9+2n Antimeren		24. *Polyactinota*
				9 Antimeren		25. *Enneactinota*
				7 Antimeren		26. *Heptactinota*
				5 Antimeren		27. *Pentactinota*
				3 Antimeren		28. *Triactinota*
Pyramiden. *Heteropola*.	Nicht alle radialen oder alle semiradialen Kreuzaxen gleich *Heterostaura*	Dorsoventralaxe gleichpolig *Autopola*	3 oder 3+n radiale Kreuzaxen. *Oxystaura*	8 Antimeren		29. *Octophragma*
				6 Antimeren		30. *Hexaphragma*
			2 oder eine radiale Kreuzaxe. *Orthostaura*	4 Antimeren		31. *Tetraphragma*
				2 Antimeren		32. *Diphragma*
		Dorsoventralaxe ungleichpolig *Zeugita* (Centrepipeda). *Allopola*	3 oder 5 oder 5+n Kreuzaxen *Amphipleura*	7 Antimeren		33. *Heptamphipleura*
				6 Antimeren		34. *Hexamphipleura*
				5 Antimeren		35. *Pentamphipleura*
				3 Antimeren		36. *Triamphipleura*
			4 od. 2 Kreuzaxen *Zygopleura*	4 Antimeren *Tetrapleura*	Lateralaxe gleichpolig	37. I. *Eutetrapleura*
						37. II. *Eutetraple*
					Lateralaxe ungleichpol.	38. *Dystetraple*
				2 Antimeren *Dipleura*	Lateralaxe gleichpolig.	39. *Eudipleura*
					Lateralaxe ungleichpol.	40. *Dysdiple*

I. Lipostaure Grundformen.	Realer Typus.	Deutsche Bezeichnung.
1. Klumpen (Bolus)	*Spongilla*	Klumpen
2. Kugel (Sphaera)	*Sphaerozoum* (Volvox)	Kugelformen
3. Endosphaer. Polyeder mit ungleichvieleckigen Seiten	*Rhizosphaera*	Ungleichvieleckige
4. Endosphaer. Polyeder mit gleichvieleckigen Seiten	*Ethmosphaera*	Gleichvieleckige
5. Reguläres Icosaeder	*Aulosphaera icosaedra*	Zwanziggleichflächner
6. Reguläres Dodecaeder	*Bucholzia* (Pollen)	Zwölfgleichflächner
7. Reguläres Octaeder	*Chara* (Antheridien).	Achtgleichflächner
8. Reguläres Hexaeder	*Actinomma drymodes*	Würfel
9. Reguläres Tetraeder	*Corydalis* (Pollen)	Viergleichflächner
10. Sphäroid (Ellipsoid)	*Coccodiscus*	Sphäroidformen
11. Cylinder	*Pyrosoma*	Cylinderformen
12. Ei	*Ovulina*	Eiformen
13. Kegel	*Conulina*	Kegelformen
14. Kegelstumpf	*Nodosaria*	Kegelstumpfformen
II. Diplopyramidale oder pyramidale Grundformen.		
15. Reguläre Doppel-Pyramide mit 6, 10, 10+12n Seiten	*Heliodiscus*	Reguläre diplopyramidale
16. Quadrat-Octaeder	*Acanthostaurus*	Quadrat-octaedrische
17. Amphithecte Doppel-Pyramide mit 8+4n Seiten	*Amphilonche*	Amphithecte diplopyramidale
18. Rhomben-Octaeder	*Stephanastrum*	Rhomben-octaedrische
19. Reguläre Pyramide mit 10+2n Seiten	*Aequorea*	Gradzahlige Vielstrahlige
20. Zehnseitige reguläre Pyramide	*Aegineta globosa*	Zehnstrahlige
21. Achtseitige reguläre Pyramide	*Alcyonium* (Mimusops)	Achtstrahlige
22. Sechsseitige reguläre Pyramide	*Carmarina* (Achras)	Sechsstrahlige
23. Vierseitige reguläre Pyramide	*Aurelia* (Paris)	Vierstrahlige
24. Reguläre Pyramide mit 9+2n Seiten	*Brisinga*	Ungradzahlige Vielstrahlige
25. Neunseitige reguläre Pyramide	*Luidia senegalensis.*	Neunstrahlige
26. Siebenseitige reguläre Pyramide	*Trientalis*	Siebenstrahlige
27. Fünfseitige reguläre Pyramide	*Ophiura* (Primula)	Fünfstrahlige
28. Dreiseitige reguläre Pyramide	*Iris* (Lychnocanium)	Dreistrahlige
29. Achtseitige amphithecte Pyramide	*Eucharis*	Achtreifige
30. Sechsseitige amphithecte Pyramide	*Flabellum*	Sechsreifige
31. Vierstückige Rhomben-Pyramide	*Saphenia* (Draba)	Vierreifige
32. Doppelstückige Rhomben-Pyramide	*Petalospyris* (Circaea)	Zweireifige
33. Halbe vierzehnseitige amphithecte Pyramide	*Disandra*	Siebenschienige
34. Halbe zwölfseitige amphithecte Pyramide	*Oculina* (Cuphea)	Sechsschienige
35. Halbe zehnseitige amphithecte Pyramide	*Spatangus* (Viola)	Fünfschienige
36. Halbe sechsseitige amphithecte Pyramide	*Orchis* (Dictyophimus)	Dreischienige
37. I. Doppelt-gleichschenkelige Pyramide	37, I. *Praya* (Reseda)	Gleichhälftige
37. II. Antiparallelogramm-Pyramide	37, II. *Nereis* (Iberis)	Zweipaarige
38. Ungleichvierseitige Pyramide	*Abyla*	Ungleichhälftige Zweipaarige
39. Gleichschenkelige Pyramide	*Homo* (Fumaria)	Gleichhälftige Einpaarige
40. Ungleichdreiseitige Pyramide	*Pleuronectes*	Ungleichh. Einpaarige

V. Tabelle über die promorphologischen Kategorieen.

I. **Anaxonia.** Axenlose Formen. Klumpen. Absolut irreguläre Formen.
II. **Axonia.** Axenfeste Grundformen.
II, 1. **Homaxonia.** Kugeln. Absolut reguläre Formen. Alle Axen gleich.
II, 2. **Heteraxonia.** Grundformen mit einer oder mehreren constanten Axen.
2, A. ***Polyaxonia.*** Grundformen mit mehreren constanten Axen (ohne Kreuzaxen!).
A, a. **Arrhythma.** Irreguläre Polyeder.
a, I. *Allopolygona.* Irreguläre Polyeder mit ungleichvieleckigen Seiten.
a, II. *Isopolygona.* Irreguläre Polyeder mit gleichvieleck. Seiten.
A, b. **Rhythmica.** Reguläre Polyeder.
b, I. *Icosaedra.* Reguläre Icosaeder.
b, II. *Dodecaedra.* Reguläre Dodecaeder.
b, III. *Octaedra.* Reguläre Octaeder.
b, IV. *Hexaedra.* Reguläre Hexaeder.
b, V. *Tetraedra.* Reguläre Tetraeder.
2, B. ***Protaxonia.*** Grundformen mit einer constanten Axe oder Hauptaxe (mit oder ohne Kreuzaxen).
B, a. **Monaxonia.** Grundformen mit einer einzigen Axe (ohne Kreuzaxen).
a, I. ***Haplopola.*** Einaxige Grundformen mit gleichpoliger Axe.
I, 1. *Haplopola anepipida.* Sphäroide.
I, 2. *Haplopola amphepipeda.* Cylinder.
a, II. ***Diplopola.*** Einaxige Grundformen mit ungleichpoliger Axe.
II, 1. *Diplopola anepipeda.* Eier.
II, 2. *Diplopola monepipeda.* Kegel.
II, 3. *Diplopola amphepipeda.* Kegelstumpfe.
B, b. **Stauraxonia.** Doppel-Pyramiden oder Pyramiden (Grundformen mit einer Hauptaxe und mit Kreuzaxen).
b, I. ***Homopola.*** Doppel-Pyramiden.
I, 1. ***Isostaura.*** Reguläre Doppel-Pyramiden.
1, A. *Isostaura polypleura.* Reguläre Doppel-Pyramiden von 6, 10, 10 + 2 n Seiten.
1, B. *Isostaura octopleura* Quadrat-Octaeder.
I, 2. ***Allostaura.*** Amphithecte Doppel-Pyramiden.
2, A. *Allostaura polypleura.* Amphithecte Doppel-Pyramiden von 8 + 4 n Seiten.
2, B. *Allostaura octopleura.* Rhomben-Octaeder.
b, II. ***Heteropola.*** Pyramiden.
II, 1 ***Homostaura.*** Reguläre Pyramiden.
1, A. *Isopola.* Reguläre Pyramiden von 2 n Seiten.
1, B. *Anisopola.* Reguläre Pyramiden von 2 n - 1 S.
II, 2. ***Heterostaura.*** Irreguläre Pyramiden.
2, A. *Autopola.* Amphithecte Pyramiden.
A, a. *Oxystaura* Amph. Pyram. von 4 - 2
A, b. *Orthostaura.* Rhomben-Pyramiden.
2, B. *Allopola.* Halbe amphithecte Pyramiden.
B, a. *Amphipleura.* H. a. P. von 4 + 2 n
B, b. *Zygopleura.* Halbe Rhomben-P

Erklärung der Tafeln.

Taf. I.

Heteropole Grundformen.

(Basen von Pyramiden.)

Tafel I stellt schematische Grundrisse verschiedener Arten von Stauraxonien oder kreuzaxigen organischen Grundformen dar, und zwar nur von Heteropolen. Die Grundform aller heteropolen Stauraxonien ist die einfache gerade Pyramide. Sämmtliche Figuren stellen bloss die Basis der betreffenden Pyramiden-Arten dar. Um die ganze Pyramide zu erhalten, braucht man bloss in dem Mittelpunkte jeder Pyramiden-Basis, wo sich ihre Kreuzaxen kreuzen, ein Perpendikel zu errichten und dessen Endpunkt mit den sämmtlichen Ecken der polygonalen Basis zu verbinden. Die Tafel ist hauptsächlich bestimmt, um das Verhältniss der radialen, interradialen und semiradialen Kreuzaxen zu einander zu erläutern, sowie die Zusammensetzung der Pyramiden aus einer bestimmten Anzahl pyramidaler Antimeren, und die Zusammensetzung jedes Antimers aus zwei Parameren. Um diese verwickelten Verhältnisse deutlich hervorzuheben, sind die Umrisse der stereometrischen Grundform (der Pyramiden-Basis) durch einfach punktirte Linien (. . . . . . .) angedeutet, während die realen Umrisse der organischen Form durch einfache Linien angegeben sind. Durch einfach punktirte Linien sind ferner auch die radialen Kreuzaxen unterschieden, während die interradialen durch gestrichelte Linien (– — – –) ausgezeichnet sind. Der Mittelpunkt ist allgemein mit c, die interradialen Kreuzaxen mit ci, die radialen mit cr bezeichnet.

I. Pyramidale Grundformen mit sechs Antimeren oder Parameren.

(Promorphae heteropolae hexarithmae).

Fig. 1. Carmarina-Form, Typus der Hexactinoten, erläutert durch den Grundriss einer *Carmarina*-Larve (Craspedote Meduse aus der Geryoniden-Familie). *Stereometrische Grundform:* Sechsseitige reguläre Pyramide. (vgl. p. 469). In der Mitte (c) ist der sechseckige Mund, von dem wulstigen Lippenrand umgeben, zugleich der Eingang in den Magen. Von diesem strahlen die sechs Radialcanäle aus, deren weiterer Verlauf bis zum Rande aussen durch das kreis-

runde Velum verdeckt wird. Das reguläre Sechseck, welches die Basis der Pyramide bildet, und dessen Ecken durch $r_1 - r_6$ bezeichnet sind, ist sehr deutlich durch den sechseckigen Cirkelcanal ausgesprochen, dessen 6 Ecken sich in die radialen Larvententakeln ($d_1 - d_6$) ausziehen. In der Mitte zwischen je zweien der letzteren sitzt ein interradialer (secundärer) Larvententakel, welcher auf den Rücken der Medusenglocke zurückgekrümmt ist ($t_1 - t_6$). Die sechs congruenten Antimeren, welche den Medusenkörper zusammensetzen, sind doppelt-gleichschenkelige (eutetrapleure) Pyramiden. Im hexagonalen Grundriss der Basis ist jedes Antimer durch ein Trapez angedeutet, welches aus 2 mit der Basis vereinigten gleichschenkeligen ungleichen Dreiecken besteht (I, $ci_1 r_1 i_2$ — VI, $ci_6 r_6 i_1$).

Fig. 2. Flabellum-Form, Typus der Hexaphragmen, erläutert durch den Grundriss einer jungen *Madrepora*. *Stereometrische Grundform*: Sechsseitige amphithecte Pyramide. (vergl. p. 485.) Es sind bloss die sechs primären interradialen Septa (ai) und die sechs mit ihnen alternirenden secundären radialen Septa (sr) angedeutet, durch welche der perigastrische Raum in 12 Kammern zerfällt. Alle sechs Kreuzaxen sind gleichpolig. Die interradiale Dorsoventralaxe ($i_1 i_4$) ist bedeutend länger, als die beiden lateralen, unter sich gleichen interradialen Kreuzaxen ($i_2 i_5$ und $i_3 i_6$). Entsprechend ist die radiale Lateralaxe ($r_2 r_5$) bedeutend kürzer, als die beiden anderen radialen Kreuzaxen ($r_1 r_4$ und $r_6 r_3$). Durch jede der beiden Richtaxen, sowohl durch die dorsoventrale ($i_1 i_4$) als durch die laterale ($r_2 r_5$) zerfällt der Körper in 2 congruente Hälften, durch beide zusammen aber in 4 Quadranten, von denen je 2 benachbarte symmetrisch-gleich, je 2 gegenüberliegende congruent sind. Von den 6 Antimeren des Körpers sind die beiden gegenständigen lateralen, das rechte Antimer ($ci_2 r_2 i_3$) und das linke Antimer ($ci_5 r_5 i_6$) eudipleure und unter sich congruent; jedes der beiden ist aus 2 symmetrisch-gleichen Parameren zusammengesetzt. Von den 4 übrigen Antimeren sind je 2 entgegengesetzte congruent, je 2 benachbarte symmetrisch-gleich. Es ist also das rechte dorsale Antimer ($ci_3 r_3 i_4$) congruent dem linken ventralen ($ci_6 r_6 i_1$) und ebenso ist das linke dorsale Antimer ($ci_4 r_4 i_5$) congruent dem rechten ventralen ($ci_1 r_1 i_2$). Dagegen sind die beiden dorsalen Antimeren unter sich symmetrisch-gleich, nicht congruent, und ebenso die beiden ventralen. Sowohl die beiden dorsalen als die beiden ventralen Antimeren sind dysdipleure; jedes ist aus zwei negativ ähnlichen Parameren zusammengesetzt. Das sechsseitige amphithecte Polygon, welches die Basis der Flabellum-Form bildet, erhalten wir bei unserer Madrepora dadurch, dass wir die freien Innenränder der secundären (radialen) Septa durch Linien verbinden ($s_1 - s_6$).

Fig. 3. Oculina-Form, Typus der Hexamphipleuren, erläutert durch den Grundriss einer jungen *Lophelia* (vergl. p. 501). *Stereometrische Grundform*: Hälfte einer zwölfseitigen amphithecten Pyramide (m n deutet ihre Halbirungsebene an). Es sind bloss die sechs primären interradialen Septa (a i) und die sechs mit ihnen alternirenden secundären radialen Septa (sr) angedeutet, durch welche der perigastrische Raum in 12 Kammern zerfällt. Alle Kreuzaxen sind ungleichpolig. Die interradiale Dorsoventralaxe ist länger als die ideale Lateralaxe. Von allen Kreuzaxen ist nur immer je ein correspondirendes Paar (rechte und linke) gleich. Durch keine Meridianebene zerfällt der Körper in 2 congruente Stücke und bloss durch die Sagittalebene ($i_1 i_4$) in 2 symmetrisch gleiche Hälften. Die sechs Antimeren sind paarweise unter sich symmetrisch gleich, die 3 Antimeren jeder Seitenhälfte (rechter und linker) aber unter sich ungleich, und bloss ähnlich. Alle 6 Antimeren sind dysdipleure, aus

zwei ungleichen (ähnlichen) Parameren zusammengesetzt. Das rechte ventrale Antimer ($ci_1 r_1 i_2$) ist symmetrisch-gleich den linken ventralen ($ci_1 r_6 i_6$); das rechte laterale Antimer ($ci_2 r_2 i_3$) ist symmetrisch-gleich dem linken lateralen ($ci_6 r_5 i_5$); ebenso ist endlich das rechte dorsale Antimer ($ci_3 r_3 i_4$) symmetrisch-gleich dem linken dorsalen ($ci_4 r_4 i_5$). Von den 6 primären, interradialen Septen, welche den perigastrischen Raum zunächst in 6 Kammern theilen, ist das dorsale Septum (i_4) weit stärker entwickelt, als das ventrale (i_1), und bedingt hierdurch die Amphipleurie der Oculinen-Form. Die Hälfte des zwölfseitigen amphithecten Polygons, welches die Basis derselben bildet, erhalten wir dadurch, dass wir die an die Kelchwand angewachsenen Aussenränder der secundären radialen Septa durch Linien verbinden.

II. Pyramidale Grundformen mit drei Antimeren oder Parameren.

(Promorphae heteropolae triarithmae.)

Fig. 4. Iris-Form, Typus der Triactinoten, erläutert durch den Grundriss einer regulären hexandrischen Monocotyledonen-Blüthe (z. B. einer Liliacee). *Stereometrische Grundform:* Dreiseitige reguläre Pyramide (vergl. p. 474). Es sind die Blattorgane von fünf Metameren (Blattkreisen der Blüthe) dargestellt, deren jedes einem unentwickelten Stengelgliede mit drei congruenten Blättern entspricht. In den interradialen Hälften der drei semiradialen Kreuzebenen (ci) liegen die Blätter von drei Metameren, nämlich I. zu innerst die drei Carpelle, II. die drei Antheren des äusseren Staubfadenkreises, III. die drei äusseren Perigonblätter, entsprechend den Kelchblättern der Dichlamydeen (ci_1, ci_2, ci_3). In den radialen Hälften der drei semiradialen Kreuzebenen dagegen liegen die Blätter von zwei mit jenen alternirenden Metameren, nämlich I. innen die drei Antheren des inneren Staubfadenkreises, und II. aussen die drei inneren Perigonblätter, entsprechend den Kronenblättern der Dichlamydeen (cr_1 cr_2, cr_3). Die drei congruenten Antimeren, welche die homostaure Blüthe der dreizähligen Monocotyledonen mit „regulärer Blüthe" zusammensetzen, sind gleichschenkelige Pyramiden (I. $ci_1 r_1 i_2$; II. $ci_2 r_2 i_3$; III. $ci_3 r_3 i_1$). Jedes eudipleure Antimer ist aus zwei congruenten dysdipleuren Parameren zusammengesetzt. Das reguläre Dreieck, welches die Basis der Triactinoten-Form bildet, erhalten wir dadurch, dass wir die sechs Endpunkte entweder der radialen oder der interradialen Kreuzaxen durch Linien verbinden.

Fig. 5. Orchis-Form, Typus der Triamphipleuren, erläutert durch den Grundriss einer dorsoventral zusammengelegten Orchideenblüthe. *Stereometrische Grundform:* Hälfte einer sechsseitigen amphithecten Pyramide (vergl. p. 505). Es sind bloss die Umrisse der sechs Blüthenhüllblätter und der Geschlechtssäule angegeben, und die Blüthe ist derart von der Rückenseite nach der Bauchseite zusammengeklappt, dass die Spitze der halben amphithecten Pyramide noch an derselben Stelle steht, wie bei der ganzen, nicht halbirten, geraden Pyramide, m n ist die Halbirungsebene. Alle Kreuzaxen sind ungleichpolig. Die dorsoventrale semiradiale Kreuzaxe ist länger, als die beiden unter sich gleichen lateralen semiradialen Kreuzaxen. In der Meridianebene, entsprechend der unpaaren, längeren, dorsoventralen Kreuzaxe liegt I. die eudipleure Honiglippe oder das eigenthümlich differenzirte, ventrale Perigonblatt der Orchideenblüthe, das unpaare Blatt des inneren Blattkreises des Perigons, häufig durch besondere Grösse und Form ausgezeichnet, hier in drei Lappen

gespalten (cr_1); II. das ihr entgegen gesetzte dorsale unpaare Blatt des äusseren Blüthenhüllblattkreises (ci_3); III. zwischen diesen beiden in der Mitte die Geschlechtssäule (cg), gebildet aus dem Griffel, welcher mit dem einzigen entwickelten Staubgefässe verwachsen ist; die beiden lateralen Staubgefässe sind gewöhnlich verkümmert. In den radialen Hälften der beiden lateralen semiradialen Kreuzaxen liegen die beiden unter sich symmetrisch-gleichen lateral-dorsalen Blätter des inneren Perigonblattkreises (cr_2 und cr_3). In den interradialen Hälften derselben liegen die beiden, unter sich symmetrisch-gleichen, lateral-ventralen Blätter des äusseren Blattkreises der Blüthenhülle (ci_2 und ci_1). Es besteht also das äussere (untere) Metamer des Perigons aus drei interradialen, das innere (obere) Metamer desselben aus drei radialen Blättern. Von den drei Antimeren, aus denen die Orchis-Blüthe besteht, ist das unpaare ventrale Antimer ($ci_1 i_2$ und $cr_1 i_2$) eudipleurisch, und besteht aus zwei symmetrisch-gleichen Parameren ($ci_1 r_1$ und $cr_1 i_2$). Dagegen sind die beiden dorsalen Antimeren dysdipleure, aus zwei negativ-ähnlichen Parameren zusammengesetzt. Das rechte dorsale Antimer ($ci_2 r_2 m$) ist symmetrisch-gleich dem linken dorsalen Antimer ($ci_1 r_3 n$). Die Hälfte des sechsseitigen amphithecten Polygons, welches die Basis der Orchis-Form bildet, ist $nr_3 r_1 r_2 m$. Wir erhalten dieselbe sowohl an der zusammengeklappten Orchideenblüthe (wie in der Figur) als an der geöffneten Blüthe dadurch, dass wir die Endpunkte der radialen Kreuzaxenhälften unter einander und mit den beiden Polen der idealen Lateralaxe (mn) durch Linien verbinden.

III. Pyramidale Grundformen mit fünf Antimeren oder Parameren.

(Promorphae heteropolae pentarithmae).

Fig. 6. Ophiura-Form, Typus der Pentactinoten, erläutert durch den Grundriss einer regulären pentandrischen Dicotyledonen-Blüthe (z. B. einer Primulacee oder Silenee). *Stereometrische Grundform:* Fünfseitige reguläre Pyramide (vergl. p. 473). Es sind die differenzirten Blattorgane von vier Metameren (Blattkreisen der Blüthe) dargestellt, deren jedes einem unentwickelten Stengelgliede mit fünf congruenten Blättern entspricht. In den interradialen Hälften der fünf semiradialen Kreuzebenen (ci) liegen die Blätter von zwei Metameren: nämlich I. aussen von den Kelchblättern, II. innen von den Fruchtblättern (ci_1—ci_5). In den radialen Hälften der semiradialen Kreuzebenen dagegen (cr) liegen die Blätter der beiden mit jenen alternirenden Metameren, nämlich I. aussen von den zweispaltigen Kronenblättern, und II. innen von den Staubblättern (cr_1—cr_5). Die 5 congruenten Antimeren, welche die homostaure Blüthe der fünfzähligen Dicotyledonen mit „regulärer Blüthe" zusammensetzen, sind gleichschenkelige Pyramiden (I. $ci_1 r_1 i_2$ — V. $ci_5 r_5 i_1$). Jedes eudipleure Antimer ist aus zwei congruenten dysdipleuren Parameren zusammengesetzt. Das reguläre Fünfeck, welches die Basis der Pentactinoten-Pyramide bildet, erhalten wir dadurch, dass wir die zehn Endpunkte entweder der radialen oder der interradialen Kreuzaxen durch Linien verbinden.

Fig. 7. Spatangus-Form, Typus der Pentamphipleuren, erläutert durch den Grundriss eines *Clypeaster* (obere Hälfte der Figur) und einer Schmetterlingsblüthe (untere Hälfte der Figur). *Stereometrische Grundform:* Hälfte einer zehnseitigen amphithecten Pyramide (vergl. p. 502). Die beiden Grundformen sind so zusammengelegt, dass ihre Medianebenen zusammenfallen, und dass beide zusammen die Basis der ganzen zehnseitigen amphithecten Pyramide vor Augen stellen. Die Dorsoventralaxe derselben ist cr_1, die gemein-

schaftliche Halbirungsebene m n. Die entsprechenden, gegenständigen und congruenten Ecken sind in beiden Hälften durch die gleichen Buchstaben ($r_1 - r_5$) bezeichnet. In der unteren Hälfte der Figur ist die Leguminosen-Blüthe (wie die Orchideenblüthe in Fig. 5) derartig dorsoventral zusammengedrückt, dass die Grundform noch die ursprüngliche Halbirungsform der zehnseitigen amphithecten Pyramide darstellt. Die Pyramidenspitze steht also hier noch senkrecht über der Mitte der Basis. In der oberen Hälfte der Figur dagegen ist die Clypeaster-Form ebenso dargestellt wie die Oculina-Form in Fig. 3, d. h. die ursprüngliche Spitze der halbirten zehnseitigen amphithecten Pyramide ist nach der Mitte der Pyramiden-Hälfte gerückt', so dass sie nicht mehr senkrecht über der Mitte der Basis steht. Die gegenseitigen Verhältnisse der Pole und Axen werden durch diese Fortbewegung der Pyramiden-Spitze und der Hauptaxe in der Medianebene nicht verändert, bleiben vielmehr in beiden Fällen dieselben, und gerade zur Erläuterung dieses Verhältnisses soll die Figur dienen. Wir können also an der halbirten amphithecten Pyramide die Hauptaxe (Längsaxe) in der Medianebene nach dem Rückenpole oder nach dem Bauchpole der Dorsoventralaxe ($r_1 i_4$) verschieben, ohne dass der bestimmende promorphologische Character der Grundform dadurch geändert wird. Die Leguminosenblüthe, welche in der untern Hälfte der Figur zusammengeklappt ist, würde auseinander gelegt dieselben Verhältnisse wie der Clypeaster in der obern Hälfte der Figur zeigen. In beiden Fällen ist der pentamphipleure Körper aus fünf Antimeren zusammengesetzt, von denen das mittlere unpaare und ventrale ($r_1 i_4$) eudipleurisch und aus zwei symmetrisch-gleichen dysdipleuren Parameren zusammengesetzt ist, während die beiden lateralen Antimeren-Paare dysdipleure sind, und unter sich paarweise symmetrisch-gleich. Das ventrale unpaare Blumenblatt der Papilionacee, welches gewöhnlich viel grösser ist, als die 4 anderen, wird hier die Fahne (vexillum) genannt, und entspricht dem ventralen (sogenannten „vorderen") Ambulacrum des Clypeaster ($c r_1$). Die beiden lateralen Blumenblätter der ersteren, ($c r_2$ und $c r_5$), welche den beiden seitlichen Ambulacren des letzteren entsprechen, heissen Flügel (alae). Endlich sind die beiden dorsalen Blumenblätter der Leguminose, welche den dorsalen (sogenannten hinteren) Ambulacren des Clypeaster correspondiren, und welche hier seitlich auseinander gelegt sind ($c r_3$ und $c r_4$) gewöhnlich in der Mitte zu dem sogenannten Kiel oder Kahn (carina) verwachsen. In den fünf Interradien ($c i_1 - c i_5$) liegen bei den Clypeastern und Spatangen die fünf Nähte zwischen den interambulacralen paarigen Plattenreihen, bei den Blüthen der Leguminosen, Violaceen etc. dagegen die fünf Kelchblätter. Es ist mithin von den fünf Antimeren des pentamphipleuren Körpers bloss das unpaare ventrale eudipleurisch ($c i_1 r_1 i_2$). Das rechte laterale Antimer ($c i_2 r_2 i_3$) ist symmetrisch-gleich dem linken ($c i_1 r_5 i_5$) und das rechte dorsale Antimer ($c i_3 r_3 i_4$) ist gleich dem linken dorsalen ($c i_5 r_4 i_4$. Die beiden letzteren stossen in der dorsalen Mittellinie zusammen ($c i_4$). Nur durch die Medianebene wird der Körper in zwei symmetrisch-gleiche Hälften zerlegt. Dass die Grundform der Pentamphipleuren in der That die Hälfte der zehnseitigen amphithecten Pyramide ist, würde noch deutlicher hervortreten, wenn statt des Clypeaster in der oberen Hälfte der Figur die Leguminosen-Blüthe der unteren Hälfte wiederholt wäre. Dasselbe wird klar, wenn man zwei gleiche Clypeaster mit ihren dorsalen (und zugleich analen) Enden vereinigt.

IV. Pyramidale Grundformen mit acht Antimeren oder Parameren.

(Promorphae heteropolae octarithmae.)

Fig. 8. Eucharis-Form, Typus der Octaphragmen, erläutert durch den Grundriss einer Ctenophore. *Stereometrische Grundform:* Achtseitige amphithecte Pyramide (vergl. p. 482). Der ganze Körper besteht aus acht dysdipleuren Antimeren, von denen je 2 gegenüberstehende congruent sind. Alle acht Kreuzaxen sind gleichpolig, zur Hälfte radial, zur Hälfte interradial. Ebenso sind die beiden idealen Kreuzaxen oder Richtaxen gleichpolig, unter sich aber beide verschieden. Beide fallen bei den Ctenophoren allgemein mit 2 interradialen Kreuzebenen zusammen. In der interradialen Dorsoventralebene oder der Sagittalebene ($i_1 i_5$) liegt der lange spaltenförmige Mund. In der interradialen Lateralebene ($i_3 i_7$) liegen die beiden Tentakeln oder Senkfäden und die Taschen, in welche dieselben zurückgezogen werden können, ferner auch die beiden Hauptstämme des Gastrovascularsystems, welche sich alsbald jederseits in 4 Canäle spalten, die zu den 8 Wimperrippen oder Meridianreihen von Wimperblättern gehen. Diese liegen in den 4 radialen Kreuzebenen. Wir können mithin allgemein die sehr characteristische und instructive Topographie des Ctenophoren-Körpers folgendermaassen feststellen: I. der Mund, am Oralpol der Längsaxe gelegen, ist ein langer und schmaler, dorsoventraler Spalt, mit einem ventralen (i_1) und einem dorsalen (i_5) Winkel, einer rechten und linken Wandfläche. Von den beiden Mundlappen oder Mundschirmen ist der eine dorsal (L_2), der andere ventral (L_1). II. Der Trichter, am Aboralpol der Längsaxe gelegen, ist ebenso wie der Mund lateral comprimirt; seine eine Ausmündungsöffnung liegt auf der Bauchseite, seine andere auf der Rückenseite. III. Die beiden Hauptstämme des Gastrovascularsystems, ein rechter (K_1) und ein linker (K_2) verlaufen in der Lateralebene ($i_3 i_7$). IV. Die beiden Tentakeln oder Senkfäden und ihre Taschen, ein rechter und ein linker, verlaufen ebenfalls in der Lateralebene; der eine Tentakel tritt am rechten (i_3), der andere am linken Pol hervor (i_7). V. Die acht Radialcanäle und die acht Wimperrippen, welche in den 4 radialen Kreuzebenen liegen, unterscheiden wir folgendermaassen: 1. der rechte Ventralcanal (cr_1). 2. Der rechte Ventrolateralcanal (cr_2). 3. Der rechte Dorsolateralcanal (cr_3). 4. Der rechte Dorsalcanal (cr_4). 5. Der linke Dorsalcanal (cr_5). 6. Der linke Dorsolateralcanal (sr_6). 7. Der linke Dorsoventralcanal (cr_7). 8. Der linke Ventralcanal (cr_8). Von den acht Antimeren des octaphragmen Ctenophorenkörpers ist das rechte ventrale Antimer ($ci_1 r_1 i_2$) congruent dem linken dorsalen ($ci_5 r_5 i_6$) und ebenso das linke ventrale ($ci_1 r_8 i_8$) congruent dem rechten dorsalen ($ci_5 r_4 i_4$). Die beiden ventralen Antimeren sind unter sich symmetrisch-gleich, und ebenso die beiden dorsalen. Das rechte ventrolaterale Antimer ($ci_2 r_2 i_3$) ist congruent dem linken dorsolateralen ($ci_6 r_6 i_7$), und ebenso das linke ventrolaterale ($ci_8 r_7 i_7$) congruent dem rechten dorsolateralen ($ci_4 r_3 i_3$). Die beiden lateralen Antimeren jeder Seite sind unter sich symmetrisch-gleich.

V. Pyramidale Grundformen mit vier Antimeren oder Parameren.

(Promorphae heteropolae tetrarithmae).

Fig. 9. Aurelia-Form, Typus der Tetractinoten, erläutert durch den Grundriss einer acraspeden Meduse. (Ebenso verhalten sich auch die absolut regulären vierzähligen Blüthen, z. B. von *Paris*). *Stereometrische Grundform:* Vierseitige reguläre Pyramide. (Vergl. p. 469). Am Rande des halbkugeligen Medusenschirms, längs dessen der Ringcanal verläuft, liegen die acht Sinnes-

organe in 8 Einschnitten des Randes, 4 radiale ($r_1 - r_4$) und 4 interradiale ($t_1 - t_4$). In den beiden radialen Kreuzebenen ($r_1 r_3$ und $r_2 r_4$) liegen die vier Radialcanäle und Radialnerven, welche von der Peripherie des centralen Magens ausgehen. Zwischen diesen liegen die 4 dreieckigen taschenförmigen Geschlechtsorgane, welche durch die beiden interradialen Kreuzebenen halbirt werden ($i_1 i_3$ und $i_2 i_4$). Die vier congruenten Antimeren, welche die Tetractinoten-Form der meisten Medusen zusammensetzen, sind gleichschenkelige Pyramiden (I. $c i_1 r_1 i_2$ — IV. $c i_4 r_4 i_1$). Jedes Antimer ist aus zwei congruenten, dysdipleuren Parameren zusammengesetzt. Das Quadrat, welches die Basis der tetractinoten Pyramide bildet, erhalten wir, wenn wir die 4 Endpunkte entweder der radialen oder der interradialen Kreuzaxen durch Linien verbinden.

Fig. 10. Saphenia-Form, Typus der Tetraphragmen, erläutert durch den Grundriss einer dinemen Meduse (*Saphenia dinema*, *Stomotoca dinema*, *Plancia dinema* etc.). *Stereometrische Grundform*: Rhomben-Pyramide mit vier Antimeren (Vergl. p. 489). Dieselbe Grundform ist auch in der Cruciferen-Blüthe ausgesprochen. Alle 4 Kreuzaxen sind gleichpolig. Die beiden radialen Kreuzaxen, in welchen die 4 Radialcanäle verlaufen, sind in eine dorsoventrale und eine laterale Richtaxe differenzirt, indem an den Polen der letzteren zwei lange Tentakeln, ein rechter (r_2) und ein linker (r_4) entwickelt sind, welche dem ventralen Pole (r_1) und dem dorsalen Pole (r_3) der sagittalen Richtaxe fehlen. Nur durch diese beiden Tentakeln (bei den Cruciferenblüthen durch die beiden allein entwickelten Staubfäden des äusseren Staubblattkreises und durch die beiden Carpelle) wird die Tetraphragmen-Form bestimmt, welche im Uebrigen völlig tetractinot sein kann. Die 4 Genitalien liegen bei den craspedoten Medusen radial (bei der Oceanide Saphenia in den 4 Magenwänden (das Kreuz in der Mitte bildend), während sie bei den Acraspeden, (Fig. 9) interradial liegen. Durch jede der beiden Richtebenen zerfällt der Tetraphragmen-Körper in zwei congruente Hälften. Die 4 Antimeren des Körpers sind eudipleure, jedes aus 2 dysdipleuren Parameren zusammengesetzt. Das ventrale Antimer ($c i_1 r_1 i_2$) ist congruent dem dorsalen ($c i_3 r_3 i_4$); ebenso ist das rechte Antimer ($c i_2 r_2 i_3$) congruent dem linken ($c i_4 r_4 i_1$). Die Basis der tetraphragmen Pyramide ist der Rhombus ($r_1 r_2 r_3 r_4$).

Fig. 11. Praya-Form, Typus der radialen Eutetrapleuren, erläutert durch den Grundriss einer *Reseda*-Blüthe. *Stereometrische Grundform*: Doppeltgleichschenkelige Pyramide (vergl. p. 513). Dieselbe Grundform ist in den genitalen Schwimmglocken von *Praya maxima* und den Schwimmglocken anderer Diphyiden verkörpert. Die beiden Richtebenen oder idealen Kreuzebenen fallen mit zwei radialen Kreuzebenen zusammen ($r_1 r_3$ und $r_2 r_4$). Nur die laterale radiale Kreuzaxe ($r_2 r_4$) ist gleichpolig. Die 3 anderen Kreuzaxen sind ungleichpolig. In der Medianebene ($r_1 r_3$) liegt I. das ventrale Blumenblatt, klein und zweispaltig ($c r_1$) und II. ihr gegenüber das dorsale Blumenblatt, gross und sechsspaltig ($c r_3$). Diese beiden sind eudipleure. In der Lateralebene dagegen ($r_2 r_4$) liegen die beiden dysdipleuren, unter sich symmetrisch-gleichen, dreispaltigen lateralen Blumenblätter, das rechte ($c r_2$) und das linke ($c r_4$). In den beiden interradialen Kreuzebenen ($i_1 i_3$ und $i_2 i_4$) liegen die 4 Kelchblätter und die 4 Fruchtblätter. Von diesen sind die beiden kleineren ventralen unter sich symmetrisch-gleich, und ebenso die beiden grösseren dorsalen; dagegen sind die beiden rechten unter sich bloss positiv ähnlich, und ebenso die beiden linken. Das rechte dorsale ($c i_3$) ist dem linken ventralen ($c i_1$) negativ ähnlich, und ebenso das linke dorsale ($c i_4$) dem rechten ventralen ($c i_2$). Von

den 4 Antimeren ist das ventrale ($c i_1 r_1 i_2$) dem dorsalen ($c i_3 r_3 i_4$) bloss ähnlich. Dagegen ist das rechte Antimer ($c i_2 r_2 i_3$) dem linken ($c i_1 r_4 i_4$) symmetrisch-gleich. Die Grundform der radialen Eutetrapleuren ist die doppeltgleichschenkelige Pyramide, d. h. eine vierseitige Pyramide, deren Basis ($r_1 r_2 r_3 r_4$) aus zwei mit den Grundlinien vereinigten ungleichen gleichschenkeligen Dreiecken zusammengesetzt ist ($r_4 r_1 r_2$ und $r_4 r_3 r_2$). Wir erhalten dieselbe dadurch, dass wir die Endpunkte der beiden radialen Kreuzaxen durch Linien verbinden. Wenn wir dagegen die Endpunkte der beiden interradialen Kreuzaxen durch Linien verbinden, erhalten wir ein Antiparallelogramm ($i_1 i_2 i_3 i_4$), die Basis der interradialen Eutetrapleuren-Form (ebenso auch durch die Construction von $r_2 m n r_4$).

Fig. 12. Nereis-Form, Typus der interradialen Eutetrapleuren, erläutert durch den Grundriss (Querschnitt) eines Annelids. *Stereometrische Grundform:* Antiparellelogramm-Pyramide (vgl. p. 515). Dieselbe Grundform ist in den Blüthen von *Iberis* ausgesprochen. Die beiden Richtebenen oder idealen Kreuzebenen fallen mit zwei interradialen Kreuzebenen zusammen ($i_1 i_3$ und $i_2 i_4$). Von den vier Kreuzaxen sind drei ungleichpolig. Die Medianebene ($i_1 i_3$) theilt den Körper in 2 symmetrisch-gleiche, die Lateralebene ($i_2 i_4$) dagegen in 2 ungleiche Hälften. In der ersteren liegt bei den Anneliden ventral das Bauchgefäss, dorsal das Rückengefäss; in der letzteren liegen die beiden Seitengefässe (rechtes und linkes). Die Querschnitte dieser 4 longitudinalen Blutgefässstämme sind in der Figur durch vier kleine Rhomben angedeutet, welche unmittelbar den vier interradialen Längsfurchen des centralen, weiten (auf dem Querschnitt rundlichen) Darmcanals anliegen. Bei den Blüthen von *Iberis* liegen in den vier interradialen Ebenen die vier Kelchblätter. In jedem der vier Antimeren wiederholen sich dieselben Theile, nämlich bei den Anneliden ein Fussstummel (pes, parapodium) nebst zugehörigen Theilen, einer Nadel und einem Borstenbündel und zwei Cirren, ferner zwei Muskelgruppen und zwei halbe Gefässsegmente. Bei den Iberis-Blüthen kommt auf jedes Antimer ein Blumenblatt und 1½ Staubgefässe. Von den vier Antimeren sind die beiden ventralen unter sich symmetrisch-gleich, und ebenso die beiden dorsalen. Dagegen sind die beiden rechten unter sich bloss positiv ähnlich, und ebenso die beiden linken. Das rechte ventrale Antimer ($c i_1 r_1 i_2$) ist negativ ähnlich dem linken dorsalen ($c i_3 r_3 i_4$), und ebenso das linke ventrale Antimer ($c i_1 r_4 i_4$) dem rechten dorsalen ($c i_2 r_2 i_3$). Die Grundform der interradialen Eutetrapleuren ist die Antiparallelogramm-Pyramide, d. h. eine vierseitige Pyramide, deren Basis ein Antiparallelogramm ist ($r_4 r_1 r_2 r_3$). Wir erhalten dieselbe dadurch, dass wir die Endpunkte der beiden radialen Kreuzaxen durch Linien verbinden. Wenn wir dagegen die Endpunkte der beiden interradialen Kreuzaxen durch Linien verbinden ($i_1 i_2 i_3 i_4$), erhalten wir ein doppelt-gleichschenkeliges Trapez, die Basis der radialen Eutetrapleuren-Form.

VI. Pyramidale Grundformen mit zwei Antimeren oder Parameren.

(Promorphae heteropolae diarithmae.)

Fig. 13. Petalospyris-Form, Typus der Diphragmen, erläutert durch den Grundriss der Blüthe von *Circaea*. *Stereometrische Grundform*: Rhomben-Pyramide mit zwei Antimeren. (Vergl. p. 492.) Dieselbe Grundform zeigen auch alle Zygocyrtiden unter den Radiolarien, z. B. *Petalospyris*. Obgleich die geometrische Grundform bei den Diphragmen eben so wie bei den Tetraphrag-

men die Rhomben-Pyramide ist, liegt doch ein wesentlicher Unterschied zwischen Beiden darin, dass der Körper bei den letzteren aus vier, bei den ersteren dagegen nur aus zwei Antimeren oder Parameren zusammengesetzt ist. Es sind daher bei den Diphragmen nur zwei Kreuzaxen vorhanden, eine interradiale ($i_1 i_2$) und eine radiale ($r_1 r_2$), von denen die erstere mit der medianen, die letztere mit der lateralen Kreuzaxe zusammenfällt. Beide Kreuzaxen sind gleichpolig. Desshalb ist nicht allein das rechte Antimer ($i_1 r_1 i_2$) dem linken ($i_1 r_2 i_2$) congruent, sondern auch die ventrale Körperhälfte ($r_1 i_1 r_2$) der dorsalen ($r_1 i_2 r_2$). Sowohl die beiden lateralen Hälften (Antimeren), als auch die dorsale und ventrale Hälfte sind eudipleure; jede Hälfte ist aus zwei symmetrisch-gleichen Parameren zusammengesetzt, deren Grundform eine rechtwinkelige dreiseitige Pyramide ist. Ferner ist das linke ventrale Paramer ($c i_1 r_2$) congruent dem rechten dorsalen ($c i_2 r_1$), und ebenso das rechte ventrale Paramer ($c i_1 r_1$) congruent dem linken dorsalen ($c i_2 r_2$). Wir erhalten den Rhombus, welcher die Basis der diphragmen Rhomben-Pyramide bildet, einfach dadurch, dass wir den ventralen (i_1) und dorsalen Pol (i_2) der Dorsoventralaxe mit dem rechten (r_1) und dem linken Pol (r_2) der Lateralaxe verbinden.

Fig. 14. Homo-Form, Typus der Eudipleuren, erläutert durch den idealen Grundriss (Querschnitt) eines Wirbelthierrumpfes. *Stereometrische Grundform:* Gleichschenkelige Pyramide. (Vgl. p. 521.) Dieselbe Grundform findet sich bei den meisten Blättern der Pflanzen, einigen Blüthen (*Fumaria*, *Corydalis*), den Körpern der Gliederthiere, vieler Mollusken etc. Der Körper besteht aus zwei Antimeren oder Parameren, welche aber nur symmetrisch-gleich sind, und nicht congruent, wie bei den Diphragmen. Von den beiden Kreuzaxen ist bloss die radiale ($r_1 r_2$) gleichpolig, dagegen die interradiale ($i_1 i_2$) ungleichpolig. Die erstere fällt mit der lateralen, die letztere mit der dorsoventralen Richtaxe zusammen. Durch die Medianebene wird der Körper in zwei symmetrisch-gleiche Hälften zerlegt, ein rechtes Antimer ($i_1 m i_2$) und ein linkes Antimer ($i_1 n i_2$). An beiden sind die Ansätze der rechten (r_1) und der linken (r_2) Extremität angedeutet. Durch die Lateralebene wird der Körper in zwei ungleiche Hälften zerlegt, eine Bauchhälfte ($r_2 i_1 r_1$) und eine Rückenhälfte ($r_1 m n r_2$). Die Längsaxe (senkrecht in dem Kreuzungspunkt von $r_1 r_2$ und $i_1 i_2$ stehend, ist ungleichpolig, wie die Dorsoventralaxe; ihr einer Pol (Basis der gleichschenkeligen Pyramide) ist der Mundpol, ihr anderer (Spitze der Pyramide oder Stumpffläche des Pyramidenstumpfes) der Gegenmundpol. Im Ganzen wird also die gleichschenkelige Pyramide durch drei auf einander senkrechte Axen bestimmt, von denen eine (die Lateralaxe $r_1 r_2$) gleichpolig ist, die beiden anderen (Dorsoventralaxe $i_1 i_2$ und Hauptaxe) ungleichpolig sind. Strenggenommen gehört übrigens der Mensch, wie alle anderen Wirbelthiere und die meisten Mollusken, der Dysdipleuren-Form an, wegen der ungleichen Vertheilung der Eingeweide auf beide Hälften. Streng eudipleure sind viele Arthropoden und die Blätter der meisten Phanerogamen. Auch das Skelet der meisten Wirbelthiere zeigt die reine Eudipleuren-Form. Die Axe des Skelets ist in Fig. 14 durch den Wirbelkörper c angedeutet, und den davon ausgehenden Wirbelbogen, welcher das Rückenmark s umschliesst. Durch D_1 und D_2 sind die beiden dorsalen Seitenrumpfmuskeln, durch B_1 und B_2 die rechte und linke Hälfte der Pleuroperitoneal-Höhle angedeutet.

Taf. II.

Polyaxonie und homopole Grundformen.

(Endosphaerische Polyeder und Doppel-Pyramiden).

Tafel II. stellt Ansichten von polyaxonien Grundformen (endosphaerischen Polyedern) und von homopolen Grundformen (Doppel-Pyramiden) dar, theils im Grundriss, theils in geometrischer Perspective. Die Tafel soll, wie die vorige, hauptsächlich das Verhältniss der radialen, interradialen und semiradialen Kreuzaxen zu einander und zu der dadurch bestimmten stereometrischen Grundform erläutern. Die maassgebenden Axen (Hauptaxe und Kreuzaxen) sind durch gestrichelte Linien angedeutet.

A. Polyaxonie Grundformen.

(Endosphar-polyedrische Promorphen.)

Fig. 15. Rhizosphaera-Form, Typus der Allopolygone, erläutert durch die Oberflächenansicht einer *Rhizosphaera* (Monographie der Radiolarien, Taf. XXV). ***Stereometrische Grundform***: Irreguläres endosphärisches Polyeder mit ungleichvieleckigen Seiten (vergl. p. 408). Es ist bloss die obere, dem Beobachter zugewandte Fläche der kieseligen Gitterkugel dargestellt. Die allopolygone arrhythme Polyaxon-Form der endosphaerischen Kieselschaale ist schon aus der irregularen Beschaffenheit der ungleichen polygonalen Gittermaschen ersichtlich, tritt aber noch deutlicher hervor, wenn man die Spitzen der radialen, gleich langen Kieselstacheln durch Linien verbindet, und durch diese Linien Ebenen legt.

Fig. 16. Ethmosphaera-Form, Typus der Isopolygone, erläutert durch die Oberflächen-Ansicht der *Ethmosphaera siphonophora* (Radiolarien, Taf. XI. Fig. 1). ***Stereometrische Grundform***: Irregulares endospharisches Polyeder

mit gleichvieleckigen Seiten (vergl. p. 409). Es ist bloss die obere, dem Beobachter zugewandte Fläche der kieseligen Gitterkugel dargestellt. Die isopolygone arrhythme Polyaxon-Form der endosphaerischen Kieselschaale ist sehr rein ausgesprochen in dem regelmässigen zierlichen Netze von regulären oder subregulären, gleichen oder fast gleichen Sechsecken, welche durch die Grenzlinien der sich berührenden trichterförmigen (abgestutzt kegelförmigen) Mündungsröhren gebildet werden, die die kreisrunden gleichen Löcher der Kieselschaale umschliessen.

Fig. 17. Aulosphaera-icosaedra-Form, Typus der regulären Icosaeder, erläutert durch die Ansicht des Schaalengitters von *Aulosphaera icosaedra*. *Stereometrische Grundform:* Reguläres Icosaeder (vergl. p. 411). Die obere Fläche der kieseligen Gitterkugel ist durch volle, die untere durch punktirte Linien angedeutet. Die zwölf gleich langen radialen Stacheln, welche von den zwölf Ecken oder Knotenpunkten der endosphaerischen Kieselschaale ausgehen, sind weggelassen, und nur durch einfache Linien die dreissig gleich langen, kieseligen, cylindrischen Röhren angedeutet, welche, zu zwanzig gleichen und gleichseitigen Dreiecken verbunden, vollkommen den dreissig Kanten des regulären Icosaeders entsprechen.

Fig. 18. Bucholzia-Pollen-Form, Typus der regulären Dodecaeder, erläutert durch die Ansicht eines Pollen-Kornes von *Bucholzia maritima*. *Stereometrische Grundform:* Reguläres Dodecaeder oder Pentagonal-Dodecaeder (vergl. p. 412). Diese Pollen-Zellen zeigen ebenso, wie diejenigen vieler anderer Phanerogamen, die stereometrische Form des Pentagonal-Dodecaeders vollkommen rein verkörpert, indem die zwölf ebenen Grenzflächen der Zellen congruente und reguläre Fünfecke sind, welche in dreissig gleichen Kanten und zwanzig congruenten Ecken zusammenstossen. In der Mitte jeder Grenzfläche befindet sich bei den Pollen-Zellen von Bucholzia maritima ein kreisrundes Loch, welches in der Figur weggelassen ist.

Fig. 19. Chara-Antheridien-Form, Typus der regulären Octaeder, erläutert durch die Ansicht der Schaale eines Antheridium von *Chara*. *Stereometrische Grundform:* Reguläres Octaeder, die Grundform des regulären Krystallsystems (vergl. p. 412). Die reguläre Octaeder-Form ist klar ausgesprochen durch die acht congruenten, gleichseitig-dreieckigen Tafelzellen, welche die rothe Hülle des kugeligen oder subsphaerischen Antheridiums bilden, und welche in zwölf gleichen Kanten und in sechs congruenten Ecken (a, b, d, e, f, g) zusammenstossen. Verbindet man je zwei Gegenecken durch eine gerade Linie, so erhält man drei gleiche, auf einander senkrechte Durchmesser oder Hauptaxen (a b = d e = f g), welche sich in dem Mittelpunkte (c) des Octaeders gegenseitig halbiren. Legt man durch die paarweis gegenüberstehenden Kanten Ebenen, so erhält man drei gleiche, auf einander senkrechte quadratische Ebenen (a d b e = a f b g = d f e g), welche durch die entsprechenden drei Hauptaxen halbirt werden und welche die ganze Schaale des Antheridium in acht congruente Antimeren theilen. Jedes Antimer ist eine reguläre dreiseitige Pyramide, deren drei congruente Seitenflächen rechtwinkelige gleichschenkelige Dreiecke sind (z. B. a c e $\cong$ e c f $\cong$ f c a). Strenggenommen ist übrigens das reguläre Octaeder bloss die Grundform der Antheridien-Schaale. Die Grundform des ganzen Antheridiums ist das Quadrat-Octaeder, oder noch richtiger, die Quadrat-Pyramide, da durch den Inhalt desselben eine ungleichpolige Hauptaxe bestimmt ist.

Fig. 20. Actinomma-drymodes-Form, Typus der regulären Hexaeder, erläutert durch die Ansicht der Kieselschaale von *Actinomma drymodes* oder *A. asteracanthion* (Rad. Taf. XXIV, Fig. 9, Taf. XXIII, Fig. 5, 6). *Stereometrische Grundform*: Reguläres Hexaeder oder Würfel (vergl. p. 413). Von der kugeligen Kieselschaale, welche aus drei concentrischen, in einander geschachtelten und durch sechs radiale Stäbe verbundenen Gitterschaalen zusammengesetzt ist, zeigt die Figur bloss den Umriss der äusseren (Rinden-)Schaale, und die äusseren Verlängerungen der sechs Radialstäbe, welche in Form von sechs gleichen, sehr langen und starken Radialstacheln hervortreten. Diese liegen in drei gleichen, auf einander senkrechten Durchmessern oder Hauptaxen (a b = d e = f g), welche vollkommen den drei Flächenaxen eines Würfels entsprechen und sich in dem Mittelpunkte (c) desselben gegenseitig halbiren. Legt man durch die Spitzen der sechs Radialstacheln Ebenen, welche senkrecht auf diesen stehen, so erhält man in den Linien, in welchen sich diese sechs Ebenen schneiden, die zwölf gleichen Kanten des Würfels, welche in acht congruenten Ecken zusammenstossen (h, i, k, l, m, n, o, p). Durch die vier gleichen Diagonalen des Würfels (oder Eckenaxen), welche je zwei Gegenecken verbinden (h p = i m = k n = l o) und durch die vier gleichen rechteckigen Diagonal-Ebenen, welche man durch jene Diagonalen legen kann, wird der ganze Würfel-Körper in sechs congruente Antimeren zerlegt, deren jedes eine Quadrat-Pyramide bildet (z. B. c k l m p).

Fig. 21. Corydalis-Pollen-Form, Typus der regulären Tetraeder, erläutert durch die Ansicht eines Pollenkorns von *Corydalis lutea*. *Stereometrische Grundform*: Reguläres Tetraeder (vgl. p. 415). Die rundliche Pollenzelle ist durch sechs scharfe Falten eingeschnürt, welche vollkommen den sechs gleichen Kanten des regulären Tetraeders entsprechen, und welche in vier congruenten Ecken zusammenstossen. Wenn man die Halbirungspunkte der sechs Falten mit den gegenüber liegenden Berührungspunkten je dreier Falten verbindet, so erhält man vier gleiche Axen (a b = d e = f g = c c), welche den vier Ecken-Axen des Tetraeders entsprechen (den Perpendikeln, die von jeder Ecke auf das Centrum der gegenständigen Fläche gefällt werden können). Die Figur zeigt die gleichseitig-dreieckige Fläche (d f b) des Tetraeders, welches hierdurch bestimmt wird Die vier congruenten Parameren, welche durch die sechs Falten äusserlich abgegränzt werden, und welche im Centrum (c) zusammenstossen, sind reguläre dreiseitige Pyramiden.

Fig. 22. Rhaphidozoum-Spicula-Form, ebenfalls der Grundform des regulären Tetraeders angehörig, erläutert durch die Ansicht einer vierschenkeligen Kieselnadel von *Rhaphidozoum acuferum* (Rad. Taf. XXXII, Fig. 9—11). (Vergl. p. 416). Die vier gleichen Schenkel, welche diese Kieselnadeln zusammensetzen (c a = c b = c d = c e), und welche in einem Punkte (c) unter gleichen Winkeln zusammenstossen, entsprechen vollständig den Flächenaxen des regulären Tetraeders (den Perpendikeln, die vom Mittelpunkt des Tetraeders auf das Centrum jeder Fläche gefällt werden können). Wenn man durch die Spitzen der vier Kieselschenkel Ebenen legt, welche auf diesen senkrecht stehen, so entsprechen die sechs gleichen Linien, in denen sich diese Ebenen schneiden, den sechs gleichen Kanten des regulären Tetraeders (f g = f h = g h = g i = h i = i f).

B. Homopole Grundformen.

(Diplo-pyramidale Promorphen.)

Fig. 23—26. *Isostaure Grundformen.*

(Reguläre Doppel-Pyramiden).

Fig. 23. Heliodiscus-Form, Typus der polypleuren Isostauren, erläutert durch die Ansicht eines Pollenkorns von einer *Passiflora*. *Stereometrische Grundform:* Reguläre Doppelpyramide mit 6 oder 8+2n Seiten (vergl. p. 438). Die Pollenzelle von *Passiflora* zeigt die specielle Isostauren-Form der zwölfseitigen regulären Doppelpyramide. Das Pollenkorn ist ellipsoidisch an den beiden Polen der gleichpoligen Hauptaxe (mn) nabelförmig vertieft und von sechs gleichen, gleich weit von einander abstehenden Längsfurchen durchzogen, welche wie Meridiane von einem Pol zum anderen ziehen. In der (aequatorialen) Mitte jeder Längsfurche befindet sich ein grosses lanzettförmiges Operculum. Wenn man die Mittelpunkte der Opercula je zweier gegenüberliegender Furchen durch grade Linien verbindet, so erhält man drei gleiche, unter Winkeln von 60° im Centrum des Pollenkorns (c) sich schneidende Kreuzaxen, welche sich gegenseitig halbiren und zugleich senkrecht auf dem Halbirungspunkte der Hauptaxe stehen (d e = f g = h i). In Fig. 23 sind sowohl die drei gleichen Kreuzaxen als auch die Hauptaxe nach beiden Polen hin gleichmässig verlängert, der Deutlichkeit halber. Wenn man die benachbarten Pole der Kreuzaxen durch Linien verbindet, so erhält man ein reguläres Sechseck (d f h e g i), und wenn man dessen Ecken mit beiden Polen der Hauptaxe (a b) verbindet, erhält man die zwölfseitige reguläre Doppelpyramide oder das Hexagonal-Dodecaeder, welches zugleich die Grundform des hexagonalen Krystallsystems ist (Isostaura dodecapleura).

Fig. 24. Heliodiscus-Form, Typus der polypleuren Isostauren, erläutert durch die Ansicht des Kieselskelets von *Prismatium tripleurum* (Rad. Taf. IV, Fig. 16). *Stereometrische Grundform:* Reguläre Doppelpyramide mit 6 oder 8+2n Seiten (vgl. p. 438). Dieses Radiolar zeigt die specielle Isostauren-Form der sechsseitigen regulären Doppelpyramide, welche auch unter den Pollenzellen verbreitet ist. Die neun Kieselstäbe, welche das Skelet zusammensetzen, sind so mit einander verbunden, dass sie den neun Kanten des dreiseitigen regulären Prisma entsprechen. Von jeder der sechs Ecken desselben geht ein kurzer radialer Stachel aus. Wenn man die Halbirungs-Punkte der drei Prisma-Kanten durch Linien verbindet und durch diese eine Ebene legt, so ist diese Aequatorial-Ebene ein gleichseitiges Dreieck (d g h), gleich den beiden parallelen Grundflächen des Prisma. Die drei Kreuzaxen (d e, g f, h i), welche sich im Mittelpunkt (c) unter Winkeln von 60° schneiden, gehen vom Mittelpunkt jeder Prismakante zum Centrum der Gegenseite. Wenn man die Halbirungspunkte der Prismakanten mit den beiden gleichen Polen der gleichmässig nach beiden Polen hin verlängerten Hauptaxe (a b) verbindet und durch diese Verbindungslinien Ebenen legt, erhält man die sechsseitige reguläre Doppel-Pyramide (Isostaura hexapleura).

Fig. 25. Acanthostaurus-Form, Typus der octopleuren Isostauren, erläutert durch den Grundriss von *Desmidium quadrangulatum*. *Stereometrische Grundform:* Quadrat-Octaeder (vergl. p. 440). Die Figur zeigt ein

einzelnes Individuum (Plastide) der Desmidium-Kette, von der Fläche gesehen. Diese Fläche ist auf beiden Seiten gleich, da die sehr verkürzte Hauptaxe gleichpolig ist. Sie entspricht zugleich der Ansicht der Aequatorialebene. Diese ist ein reguläres Quadrat (a d b e). Die beiden gleichen und gleichpoligen Kreuzaxen (a b = d e), welche sich im Centrum (c) unter rechten Winkeln schneiden, entsprechen den beiden Diagonalen des Quadrats. Da sie verschieden von der gleichpoligen Hauptaxe sind, ist die Grundform des Ganzen, das Quadrat-Octaeder, welches zugleich die Grundform des tetragonalen Krystallsystems ist.

Fig. 26. Acanthostaurus - Form, Typus der octopleuren Isostauren, erläutert durch die schräge Ansicht des Kieselskelets von *Acanthostaurus hastatus* (Rad. Taf. XIX, Fig. 5). *Stereometrische Grundform*: Quadrat-Octaeder (vergl. p. 440). Die dem Beobachter schräg zugekehrte Ecke des Quadrat-Octaeders ist der eine Pol der stachellosen Hauptaxe (m n). Die Ansicht geht schräg von oben und rechts nach unten und links. Die zwanzig radialen Stacheln sind nach J. Müller's Stellungs-Gesetze vertheilt (vergl. p. 441—445). Die vier Aequatorial-Stacheln sind mit c, die acht Tropenstacheln mit b und d (b die nördlichen, d die südlichen), die acht Polarstacheln mit a und e (a die nördlichen, e die südlichen) bezeichnet. m ist der nördliche, n der südliche Pol der stachellosen Hauptaxe, z deren Halbirungspunkt. Die vier starken Hauptstacheln (z c) entsprechen den beiden Diagonalen des Quadrats $c_1 c_2 c_3 c_4$), welches die Aequatorialebene des Quadrat-Octaeders bildet; dieses ist die gemeinsame Grundfläche der beiden congruenten Quadrat - Pyramiden, welche dasselbe zusammensetzen. Man braucht bloss die Spitzen der vier (äquatorialen) Hauptstacheln (c) mit den Spitzen der benachbarten Polarstacheln (a und e) zu verbinden und durch je zwei Verbindungslinien eine Ebene zu legen, um die reine Form des Quadrat-Octaeders zu erhalten. Die acht Tropenstacheln (b und d) entsprechen den Flächenaxen desselben.

Fig. 27—29. *Allostaure Grundformen.*

(Amphithecte Doppelpyramiden.)

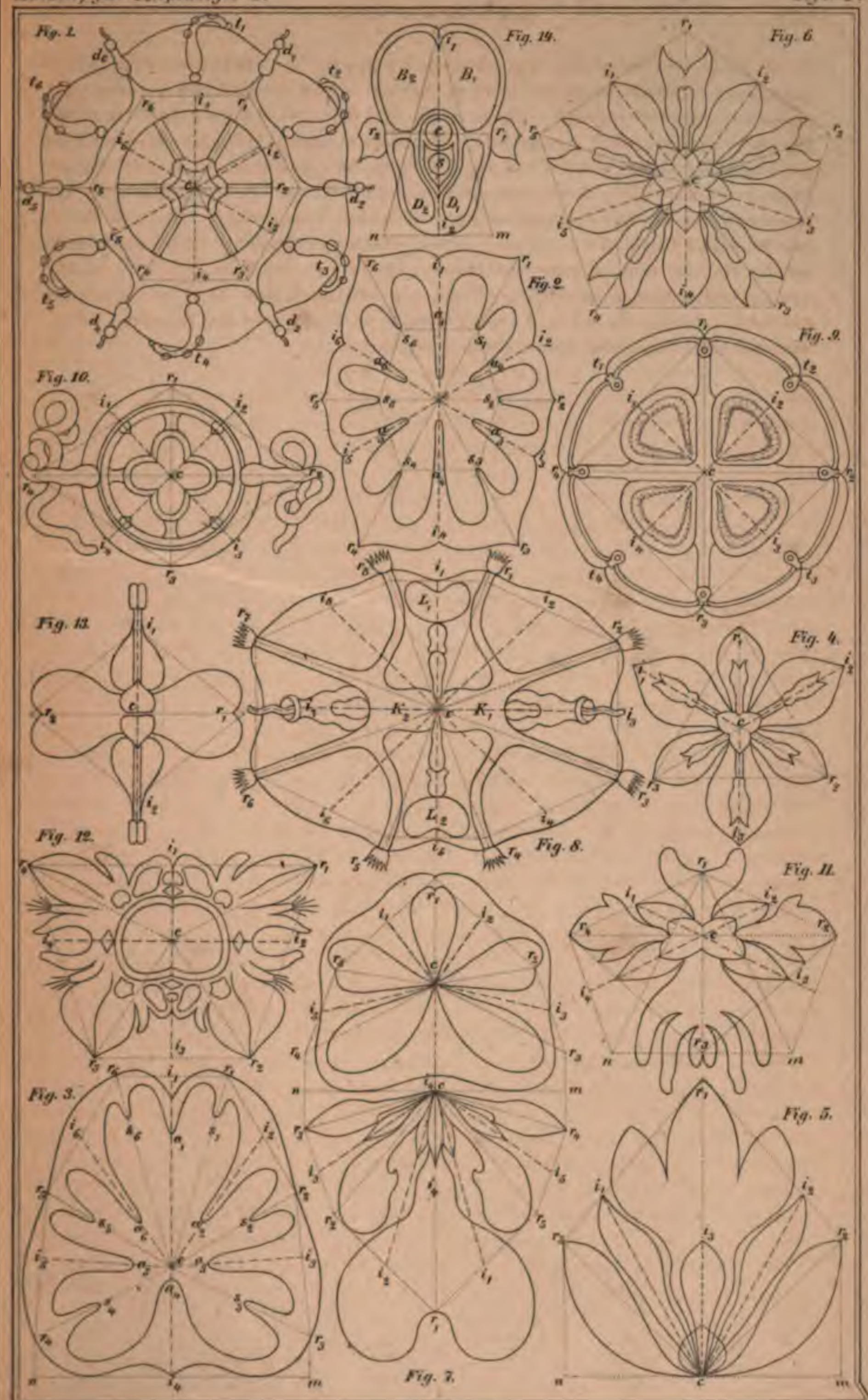
Fig. 27. Amphilonche-Form, Typus der polypleuren Allostauren, erläutert durch die schräge Ansicht des Kieselskelets von *Amphilonche complanata* (Rad. Taf. XVI, Fig. 3). *Stereometrische Grundform*: Amphithecte Doppelpyramide mit sechs oder 8+2nSeiten (vergl. p. 447). Das Kieselskelet von *Amphilonche* zeigt die specielle Allostauren-Form der sechszehnseitigen amphithecten Doppelpyramide. Man erhält dieselbe einfach dadurch, dass man die Spitzen der zwanzig kieseligen Radialstacheln durch Linien mit einander verbindet und durch je zwei Verbindungslinien eine Ebene legt. Die acht Polarstacheln, welche mit den vier äquatorialen Hauptstacheln in denselben beiden Meridian-Ebenen liegen, sind weggelassen, um die schwierigen Formverhältnisse der Figur nicht noch mehr zu compliciren. Die stachellose Hauptaxe (a b), um welche die zwanzig Radialstacheln nach J. Müller's Stellungsgesetze gruppirt sind, steht in der Figur fast vertical, doch so geneigt, dass die Ansicht schräg von oben und rechts nach unten und links geht. Die dem Beobachter schräg zugekehrte Ecke (f) ist der eine Pol der Lateralaxe (f g), welche durch den rechten (c f) und linken (c g) Aequatorialstachel bestimmt ist. Diese beiden Stacheln sind nicht von den sechszehn kleineren Stacheln verschieden. Dagegen ist die Sagittalaxe (d e) durch zwei viel grössere und stärkere Stacheln ausge-

zeichnet, den dorsalen (c d) und den ventralen (ce). Diese sind oft auch durch ihre Form wesentlich von den 18 kleineren Stacheln verschieden. Das amphithecte Polygon, welches die gemeinsame Basis der beiden congruenten amphithecten Pyramiden bildet, ist achtseitig (d h f k e i g l). Von den vier radialen (realen) Kreuzebenen fallen zwei mit den beiden idealen Kreuzebenen (Richtebenen) zusammen. Die erste radiale Kreuzebene (a d b e), welche mit der Meridianebene oder der sagittalen Richtebene zusammenfällt, wird durch die stachellose Hauptaxe (a b) und die Dorsoventralaxe (d e) bestimmt; die zweite radiale Kreuzebene (a f b g), welche mit der lateralen Richtebene zusammenfällt, durch die Hauptaxe (a b) und die Lateralaxe (g f). Die dritte radiale Kreuzebene (a h b i) wird durch die vier Tropenstacheln des rechten dorsalen (c n und c m) und linken ventralen (c s und c t) Körperquadranten bestimmt; die vierte radiale Kreuzebene (a l b k) durch die vier Tropenstacheln des linken dorsalen (c r und c o) und rechten ventralen (c q und c p) Körperquadranten. Von den vier Quadranten des Körpers, welche durch die beiden auf einander senkrechten Richtaxen geschieden werden, ist der rechte dorsale Quadrant (a b f h d) congruent dem linken ventralen (a b e i g), und ebenso ist der linke dorsale Quadrant (a b d l g) congruent dem rechten ventralen (a b e k f). Die beiden linken Quadranten sind unter sich symmetrisch-gleich und ebenso die beiden rechten.

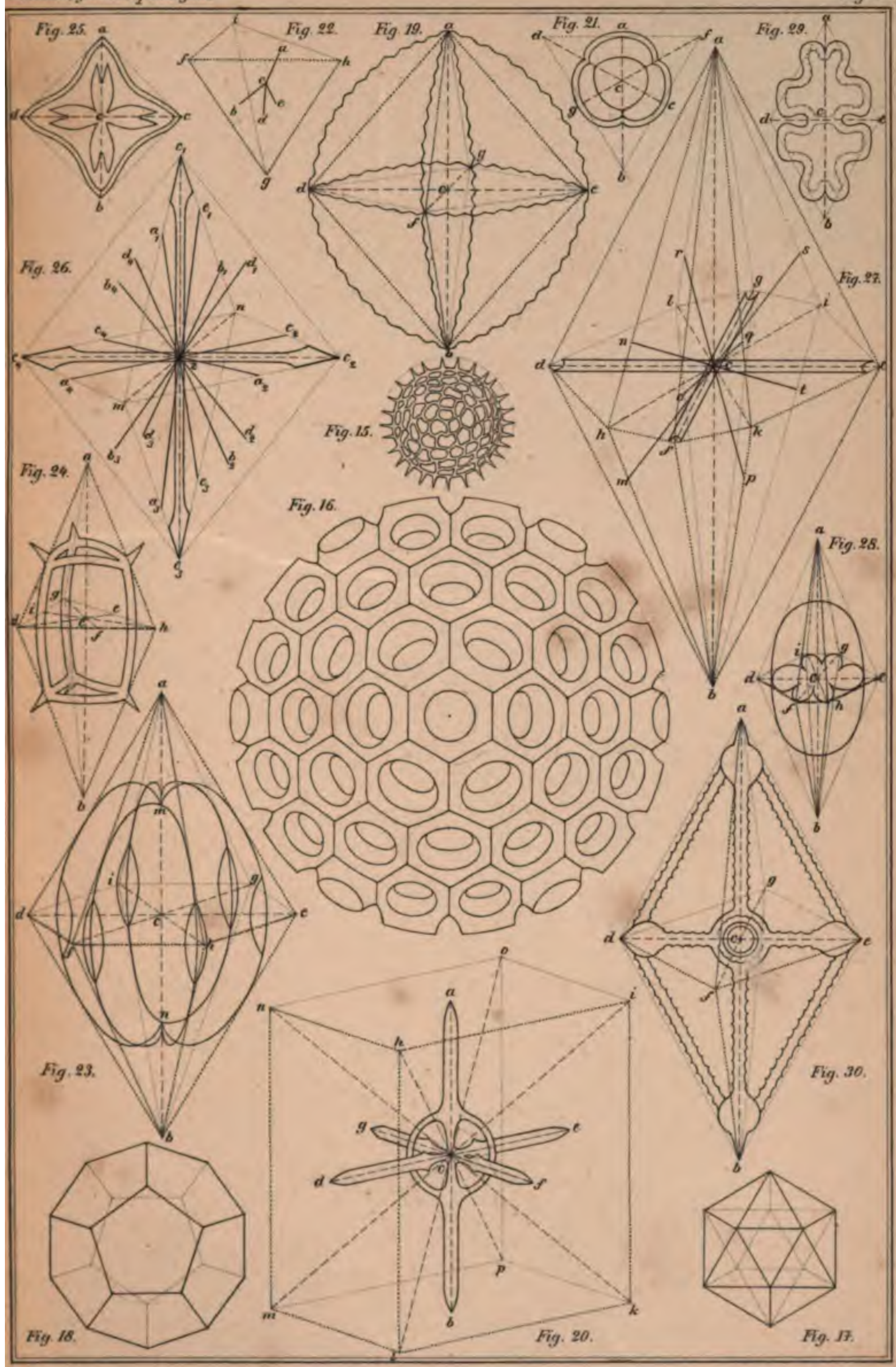
Fig. 28. Amphilonche-Form, Typus der polypleuren Allostauren, erläutert durch die schräge Ansicht eines Pollenkorns einer Labiate (*Satureja*). *Stereometrische Grundform:* Amphithecte Doppelpyramide mit sechs oder 8+2nSeiten (vergl. p. 447). Das Pollenkorn der Satureja, wie vieler anderer Labiaten, zeigt die specielle Allostauren-Form der zwölfseitigen amphithecten Doppelpyramide. Dasselbe ist elliptisch, mit sechs Längsfurchen versehen, welche von einem Pole der Hauptaxe (a b) zum anderen herablaufen. Zugleich ist es von zwei entgegengesetzten Seiten her zusammengedrückt, so dass zwei ungleiche Richtaxen deutlich hervortreten. Mithin sind drei auf einander senkrechte, ungleiche, aber gleichpolige Axen, leicht erkennbar. Die eine Richtebene (a d b e) ist radial und fällt mit der ersten realen Kreuzebene zusammen. Die andere Richtebene dagegen ist interradial und fällt zwischen die beiden anderen realen Kreuzebenen (a f b g und a h b i) mitten hinein. Die beiden realen radialen Kreuzaxen (f g und h i), welche durch die interradiale ideale Kreuzaxe geschieden werden, sind unter sich gleich, aber verschieden von der dritten realen radialen Kreuzaxe, (d e) welche mit der radialen idealen Kreuzaxe zusammenfällt. Das sechsseitige amphithecte Polygon, welches für die beiden congruenten sechsseitigen amphithecten Pyramiden die gemeinschaftliche Basis bildet, fällt mit der Aequatorialebene des Pollenkorns zusammen. Von den sechs Parameren der Pollenzellen sind die vier kleineren unter sich gleich, aber verschieden von den beiden grösseren, unter sich congruenten, welche durch die radiale Richtebene halbirt werden (a d b i f ⪯ a e b h g).

Fig. 29. Stephanastrum-Form, Typus der octopleuren Allostauren, erläutert durch den Grundriss eines *Euastrum*. *Stereometrische Grundform*: Rhomben-Octaeder (vergl. p. 450). Die Figur zeigt ein einfaches *Euastrum*, von der Fläche gesehen. Diese Fläche ist auf beiden Seiten gleich, da die sehr verkürzte Hauptaxe gleichpolig ist. Sie entspricht zugleich der Ansicht der Aequatorialebene. Diese ist ein Rhombus (a d b e). Die beiden Diagonalen des Rhombus (a b und d e), welche sich im Centrum (c) unter rechten Winkeln schneiden, sind die beiden ungleichen, gleichpoligen Richtaxen.

Fig. 30. Stephanastrum - Form, Typus der octopleuren A stauren, erläutert durch die schräge Ansicht von *Stephanastrum rhombus* Haeckel, Monographie der Radiolarien p. 502). *Stereometrische Grundf* Rhomben-Octaeder (vgl. p. 451). Das Kieselskelet dieses Radiolars, wel die Figur darstellt, besteht aus zwei rechtwinkelig gekreuzten, ungleich la Stäben von kieseligem Schwammwerke (a b und d e), welche sich gegenseitig biren und den beiden Diagonalen eines Rhombus entsprechen. Die vier S des Rhombus (a d = d b = b e = e a) sind durch vier ähnliche Stäbe darges welche die vier Spitzen jener verbinden. Wenn man die sehr verkürzte H axe f g) gleichmässig nach beiden Polen hin verlängert und ihre Pole mit d der beiden Richtaxen (a b und d e) verbindet, so erhält man das Rhomben-O der, die Grundform des rhombischen Krystallsystems.

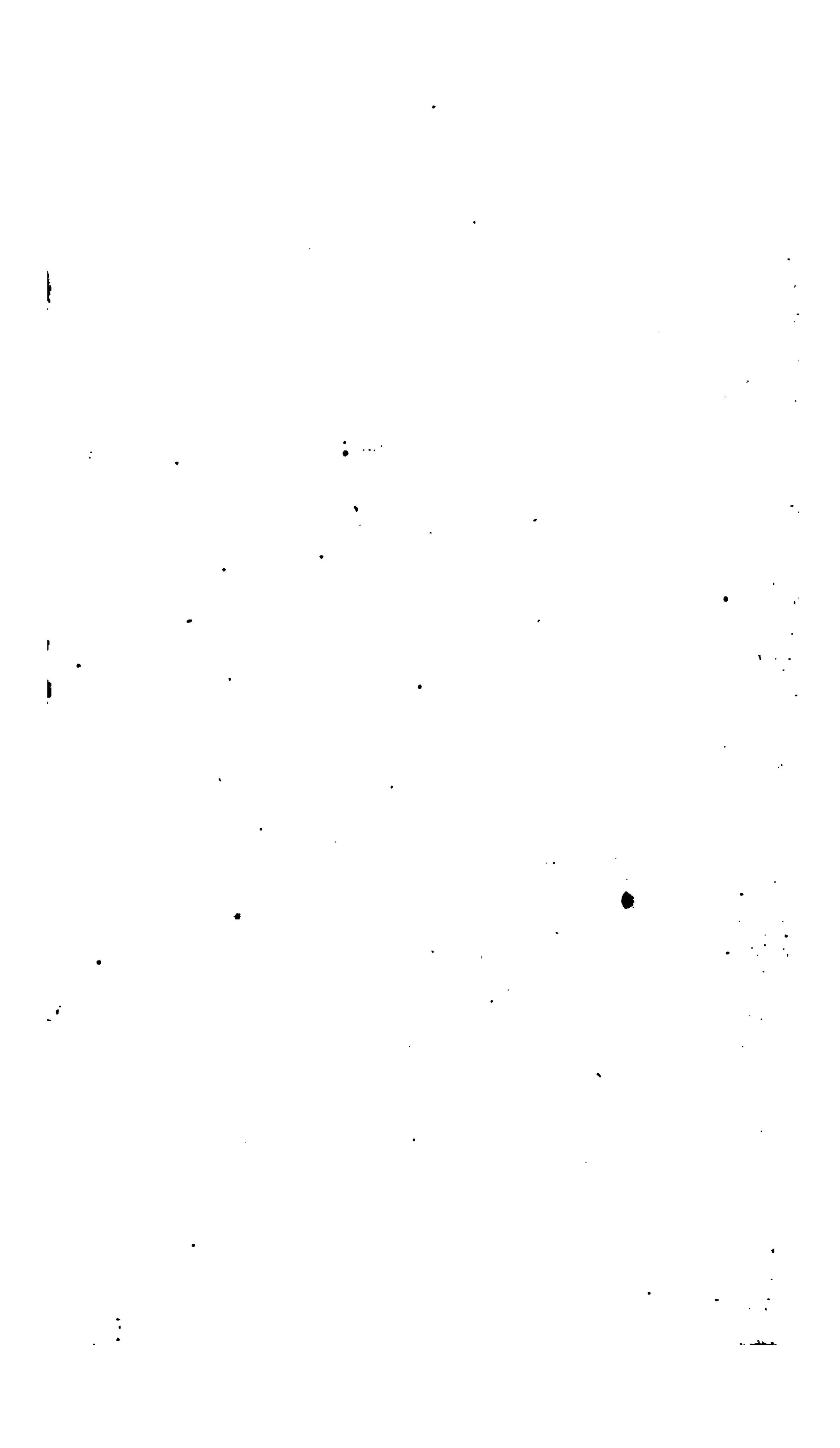


E. Haeckel del.



E. Haeckel del. A. Schütze in Stein gest.





GENERELLE MORPHOLOGIE
DER ORGANISMEN.

ALLGEMEINE GRUNDZÜGE
DER ORGANISCHEN FORMEN-WISSENSCHAFT,

MECHANISCH BEGRÜNDET DURCH DIE VON

CHARLES DARWIN

REFORMIRTE DESCENDENZ-THEORIE,

VON

ERNST HAECKEL.

ZWEITER BAND:
ALLGEMEINE ENTWICKELUNGSGESCHICHTE
DER ORGANISMEN.

„E PUR SI MUOVE!“

MIT ACHT GENEALOGISCHEN TAFELN.

BERLIN.
VERLAG VON GEORG REIMER.
1866.

ALLGEMEINE

ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

DER ORGANISMEN.

KRITISCHE GRUNDZÜGE

DER MECHANISCHEN WISSENSCHAFT

VON DEN ENTSTEHENDEN FORMEN

DER ORGANISMEN,

BEGRÜNDET DURCH DIE DESCENDENZ-THEORIE,

VON

ERNST HAECKEL,

DOCTOR DER PHILOSOPHIE UND MEDICIN, ORDENTLICHEM PROFESSOR DER ZOOLOGIE UND DIRECTOR DES ZOOLOGISCHEN INSTITUTES UND DES ZOOLOGISCHEN MUSEUMS AN DER UNIVERSITAET JENA.

„E PUR SI MUOVE!"

MIT ACHT GENEALOGISCHEN TAFELN.

BERLIN.
VERLAG VON GEORG REIMER.
1866.

„Müsset im Naturbetrachten
Immer Eins wie Alles achten;
Nichts ist drinnen, Nichts ist draussen:
Denn was innen, das ist aussen.
So ergreifet ohne Säumniss
Heilig öffentlich Geheimniss."

Göthe.

DEN BEGRÜNDERN DER DESCENDENZ-THEORIE,

DEN DENKENDEN NATURFORSCHERN,

CHARLES DARWIN,

WOLFGANG GOETHE,

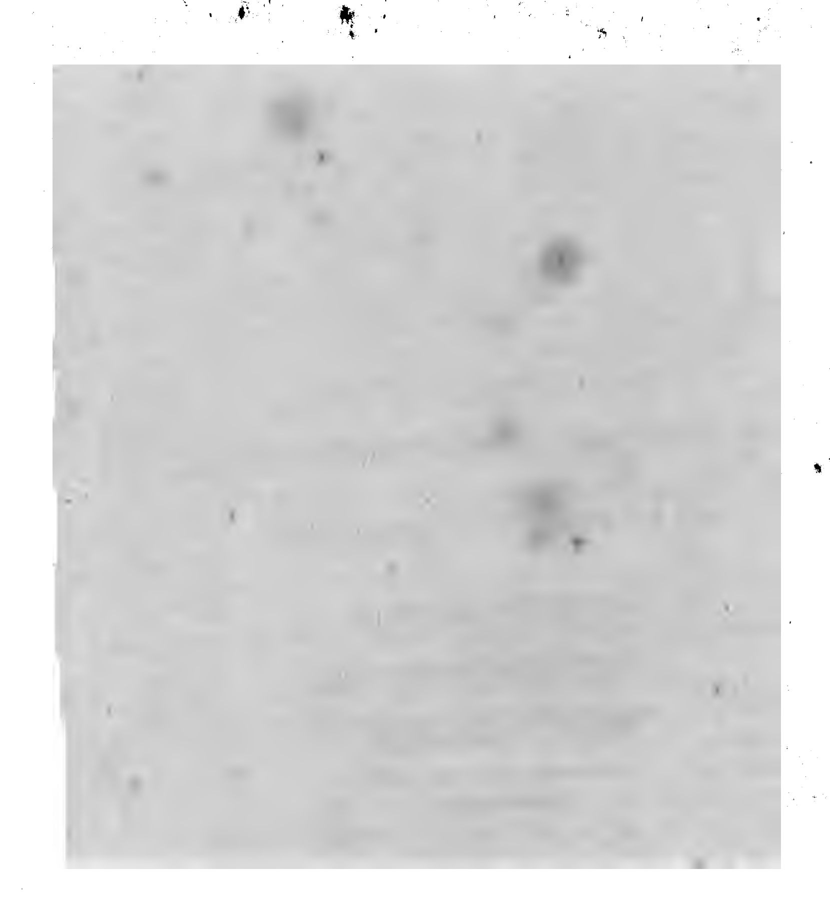
JEAN LAMARCK,

WIDMET DIESE

GRUNDZÜGE DER ALLGEMEINEN ENTWICKELUNGSGESCHICHTE

IN VORZÜGLICHER VEREHRUNG

DER VERFASSER.



Inhaltsverzeichniss

des zweiten Bandes

der generellen Morphologie.

Systematische Einleitung in die allgemeine Entwickelungsgeschichte.

Fünftes Buch.

Erster Theil der allgemeinen Entwickelungsgeschichte.

Sechstes Buch.

Zweiter Theil der allgemeinen Entwickelungsgeschichte.

Siebentes Buch.

Achtes Buch.

Systematische Einleitung

in die

allgemeine Entwickelungsgeschichte.

Genealogische Uebersicht

des natürlichen Systems der Organismen.

„Alle Gestalten sind ähnlich und keine gleichet der andern;
Und so deutet der Chor auf ein geheimes Gesetz,
Auf ein heiliges Räthsel!“

Goethe.

I. Die Entwickelungsgeschichte und die Systematik.

Das natürliche System der Organismen ist ihr Stammbaum oder Genealogema. Mit diesen wenigen Worten haben wir in unserer Einleitung in die generelle Morphologie der Organismen (Bd. I, S. 37, 196) das äusserst wichtige Verhältniss bezeichnet, welches die sogenannte „organische Systematik“ zur Entwickelungsgeschichte, und überhaupt zur gesammten Morphologie der Organismen einnimmt. Wir haben daselbst zu zeigen gesucht, dass die Systematik keineswegs, wie gewöhnlich angenommen wird, eine besondere Wissenschaft ist, sondern vielmehr nur eine besondere Darstellungsform der organischen Morphologie, ein concentrirter übersichtlicher Extract ihres wichtigsten Inhalts, ein übersichtlich nach der Blutsverwandtschaft geordnetes, durch compacte morphologische Charakteristiken motivirtes Sach- und Namen-Register der Organismen (vergl. das dritte Capitel des ersten Bandes S. 31—42).

Diese Erkenntniss der genealogischen Bedeutung des natürlichen Systems, welche durch die von Charles Darwin reformirte Descendenz-Theorie zu einer unerschütterlich festen Induction

geworden ist, halten wir für die erste und unerlässlichste Bedingung eines klaren und naturgemässen Verständnisses der organischen Formen, welche uns in ihrer unendlichen Mannichfaltigkeit und dennoch überall sich verrathenden Aehnlichkeit ohne jene Erkenntniss als eben so viele unlösbare Räthsel gegenüber stehen. „Stammverwandtschaft"! ist das „glücklich lösende Wort des heiligen Räthsels, des geheimen Gesetzes", welches Goethe in dem allgemeinen Widerstreit zwischen der unendlichen Verschiedenheit und der unleugbaren Aehnlichkeit der organischen Formen entdeckte.

Die fundamentale Bedeutung, welche die Entwickelungsgeschichte für die Systematik hat, ist im Laufe unseres Jahrhunderts, und namentlich der letzten drei Decennien desselben, unter den organischen Morphologen zu immer allgemeinerer und maassgebender Anerkennung gelangt. Mehr und mehr hat sich die Ueberzeugung Bahn gebrochen, dass nur dasjenige zoologische und botanische System ein wirklich „natürliches" ist, welches der comparativen individuellen Entwickelungsgeschichte genügend Rechnung trägt. Dennoch war diese Ueberzeugung nur der erste Schritt zu dem vollen und klaren Verständniss des natürlichen Systems. Der zweite und bedeutendste Schritt, welcher dieses Verständniss erst vollendet, ist die Erkenntniss, dass das natürliche System der Stammbaum der Organismen ist; die hohe Bedeutung der individuellen Entwickelungsgeschichte für die Systematik erklärt sich dann einfach aus dem Umstande, dass die individuelle Entwickelungsgeschichte oder die Ontogenie nur eine kurze und gedrungene Wiederholung, gleichsam eine Recapitulation der paläontologischen Entwickelungsgeschichte oder der Phylogenie ist.

Die äusserst innigen und wichtigen Wechselbeziehungen, welche zwischen diesen beiden Zweigen der Morphogenie oder der organischen Entwickelungsgeschichte, zwischen der Ontogenie und der Phylogenie bestehen, haben wir bereits im dritten Capitel des ersten Buches hervorgehoben, als wir den beiden Hauptästen der organischen Morphologie, der Anatomie und der Entwickelungsgeschichte, ihre Aufgabe bestimmten und sie in untergeordnete Wissenschaften eintheilten (Bd. I, S. 24, 50—60). Wir haben daselbst auch bereits mehrfach auf eine der wichtigsten allgemeinen organischen Erscheinungsreihen hingewiesen, auf die dreifache genealogische Parallele nämlich, welche zwischen den drei aufsteigenden Stufenleitern der paläontologischen (phyletischen), der individuellen (biontischen) und der systematischen (specifischen) Entwickelung besteht. Da wir diesen Gegenstand, der bisher eben so allgemein vernachlässigt, als von der allergrössten monistischen Bedeutung für die gesammte Morphologie der Organismen ist, im dreiundzwanzigsten Capitel noch besonders erörtern werden, so beschränken wir uns hier auf die Bemerkung, dass ohne die richtige Werth-

schätzung jenes dreifachen genealogischen Parallelismus sowohl das volle Verständniss der Entwickelungsgeschichte selbst, als auch der Systematik nothwendig verschlossen bleibt. Dieses gewinnen wir erst durch die Erkenntniss, dass die Stufenleiter des natürlichen Systems mit den parallelen Stufenleitern der individuellen und der paläontologischen Entwickelung in dem engsten mechanischen Causalnexus steht.

Da die genealogische Darstellung und Motivirung des natürlichen Systems Gegenstand der speciellen Morphologie und insbesondere der speciellen Entwickelungsgeschichte der Organismen ist, so können wir in diesem Werke, welches nur die Grundzüge der generellen Morphologie sich zur Aufgabe gestellt hat, nicht näher auf die Systematik eingehen. Da jedoch die genealogische Begründung des natürlichen Systems ihrerseits wiederum den grössten Werth für das Verständniss der allgemeinen Entwickelungsgeschichte besitzt, da ferner auf diesem höchst interessanten, bisher aber fast ganz uncultivirten Gebiete noch Alles zu thun übrig ist, so haben wir es nicht für überflüssig erachtet, hier als Einleitung zu unserer allgemeinen Entwickelungsgeschichte eine kurze Uebersicht des natürlichen Systems der Organismen zu geben, wie dasselbe nach unserer Ansicht ungefähr genealogisch zu begründen sein würde.

Unsere Eintheilung der gesammten Organismenwelt in drei oberste Hauptgruppen oder Reiche: Thierreich, Protistenreich und Pflanzenreich, haben wir bereits im siebenten Capitel des ersten Bandes ausführlich gerechtfertigt (S. 203 ff.). Ebendaselbst haben wir auch vorläufig die Bedeutung der Systemgruppen als subordinirter genealogischer Kategorieen des Stammbaums erörtert (S. 195 ff.), welche im vierundzwanzigsten Capitel ausführlicher motivirt werden wird. Auch haben wir dort bereits die verschiedenen Stämme oder Phylen in den drei organischen Reichen namhaft gemacht, welche mit einiger Wahrscheinlichkeit bei dem gegenwärtigen unvollkommenen Zustande unserer biologischen Kenntnisse unterschieden werden können (S. 203—206). Unter Stamm oder Phylum verstehen wir, wie dort festgestellt wurde, ein für allemal „die Gesammtheit aller jetzt noch existirenden oder bereits ausgestorbenen Organismen, welche von einer und derselben gemeinsamen Stammform ihre Herkunft ableiten". Diese Stammform selbst mussten wir uns stets als ein autogones Moner denken.

Es kann sich hier für uns natürlich nur um eine ganz allgemeine und skizzenhafte Feststellung der ersten Grundlinien für die Stammbäume oder Genealogeme handeln, in welchen die Morphologie der Zukunft allen natürlichen Gruppen der Organismen ihren Platz anzuweisen haben wird. Wir geben diese Skizze zugleich als Erläuterung zu dem ersten Versuche genealogisch-systematischer Tafeln, welche wir

diesem Bande angehängt haben. Wir heben ausdrücklich hervor, dass wir in diesen genealogischen Tafeln, wie in der nachfolgenden genealogischen Uebersicht des natürlichen Systems der Organismen nur den ersten provisorischen Versuch zur Begründung der organischen Genealogeme geben wollen! Die ungeheure Schwierigkeit, welche diesen ersten derartigen Versuchen entgegensteht, und der wirkliche, obwohl nur annähernde, Werth, welchen dieselben besitzen, wird nur denjenigen, von der Descendenz-Theorie vollständig überzeugten, denkenden Morphologen klar sein, welche vielleicht selbst einmal im Entwurfe solcher Stammbäume sich versucht haben. Von den zahlreichen Gegnern derselben aber verlangen wir, dass sie dieselben nicht bloss tadeln, sondern etwas Besseres an ihre Stelle setzen!

Wir beginnen mit einer kurzen genealogischen Uebersicht über die problematischen Stämme des Protistenreichs, lassen auf diese die Phylen des Pflanzenreichs, und zuletzt diejenigen des Thierreichs folgen. Die letzteren liefern uns bei weitem die reichste und sicherste Ausbeute, wogegen wir von den ersteren bei dem gegenwärtigen, höchst unvollkommenen Zustande unserer Kenntnisse nur sehr wenig Befriedigendes zu geben vermögen. Wegen der näheren Begründung der nachfolgenden genealogischen Skizze verweisen wir auf das fünfte und sechste Buch, und ganz besonders auf das XXIV. und XXV. Capitel. Die neuen Namen, welche wir zur Bezeichnung der neu von uns aufgestellten natürlichen Gruppen einzuführen gezwungen worden sind, haben wir durch ein angehängtes H. bezeichnet.

II. Das natürliche System des Protistenreichs.

Das Reich der Protisten oder Urwesen betrachten wir, wie bereits im sechsten Capitel des zweiten Buches ausgeführt wurde, als eine Collectivgruppe von mehreren selbstständigen organischen Stämmen oder Phylen, welche sich ohne Zwang weder dem Thierreiche noch dem Pflanzenreiche einordnen lassen. Es zeigt sich diese zweifelhafte Zwitterstellung am deutlichsten darin, dass alle diejenigen Organismen, welche wir als Protisten zusammenfassen, von den verschiedenen Naturforschern bald als Pflanzen, bald als Thiere ausgegeben worden sind, und dass der Streit über ihre zweifelhafte Stellung auch heutzutage noch keineswegs entschieden ist. Manche Protisten sind sowohl von den Botanikern als von den Zoologen verschmäht, andere wiederum sowohl von diesen als von jenen für sich in Anspruch genommen worden. Viele Protisten verhalten sich in ihrer ganzen Anatomie, Morphogenie und Physiologie so indifferent, dass sie in der That weder für Thiere, noch für Pflanzen gelten können; andere zeigen eine so eigenthümliche Mischung von beiderlei Charakteren, dass man sie jedem

der beiden Reiche mit gleichem Rechte zustellen könnte. Aus diesen und anderen bereits oben erörterten Gründen haben wir uns für berechtigt gehalten, neben dem Pflanzenreiche und dem Thierreiche noch das Protistenreich als eine selbstständige Hauptabtheilung der Organismenwelt aufzustellen, und haben diese Neuerung bereits oben gerechtfertigt (Bd. I, S. 203, 215; vergl. auch die übrigen Abschnitte des sechsten Capitels).

Da die allermeisten Organismen des Protistenreiches wegen ihrer sehr geringen Grösse dem unbewaffneten Auge verborgen bleiben und aus diesen und vielen anderen Gründen erst in den letzten Decennien genauer untersucht worden sind, da aber auch jetzt immer nur sehr wenige Naturforscher sich mit diesen höchst interessanten und wichtigen Organismen abgegeben haben, so ist unsere Kenntniss derselben leider noch höchst unvollständig, und gar nicht mit derjenigen der Thiere und Pflanzen zu vergleichen. Es ist aus diesem Grunde eigentlich auch gar nicht möglich, jetzt schon ein natürliches System des Protistenreiches aufzustellen. Wenn wir dennoch hier den provisorischen Versuch dazu unternehmen, so geschieht es bloss, weil doch einmal damit ein Anfang gemacht werden muss, weil wir hoffen, dadurch Anregung zu baldiger Verbesserung dieses höchst unvollkommenen Wagnisses zu geben, und weil wir mit Goethe der Ansicht sind, dass „eine schlechte Hypothese besser ist, als gar keine“.

Wir haben im siebenten Capitel acht verschiedene selbstständige Stämme von Protisten unterschieden, nämlich: 1. ***Spongiae***, 2. ***Noctilucae***, 3. ***Rhizopoda***, 4. ***Protoplasta***, 5. ***Moneres***, 6. ***Flagellata***, 7. ***Diatomeae***, 8. ***Myxomycetes***. Von diesen werden die letzten zwei oder drei Gruppen gegenwärtig meistens für Pflanzen, die ersten drei oder vier meistens für Thiere gehalten, während die Moneren durchaus zweifelhafter Natur sind. Wahrscheinlich ist jedoch die Zahl der selbstständigen Stämme des Protistenreichs sehr viel grösser, und vielleicht entstehen noch gegenwärtig durch Archigonie stets neue Protisten, während dies von Thieren und Pflanzen nicht wahrscheinlich ist. Sowohl die Bestimmung der Anzahl als des Umfangs der angeführten Protisten-Stämme betrachten wir natürlich nur als eine ganz provisorische, und geben sie nur, um überhaupt etwas Positives und eine erste Grundlage für die Genealogie des Protistenreiches, einen festen Boden zur Discussion und zur Verständigung über diese äusserst wichtige und interessante Frage zu liefern.

Eine gemeinsame Abstammung, ein genealogischer Zusammenhang der verschiedenen Phylen, wie er für die thierischen und pflanzlichen Stämme (und namentlich für die letzteren) sehr wahrscheinlich ist, erscheint dagegen für die Protisten-Phylen durchaus unwahrscheinlich. Vielmehr spricht Alles dafür, dass nicht nur die angeführten acht, son-

dern auch noch sehr zahlreiche andere Protisten-Stämme sich vollkommen unabhängig von einander aus selbstständigen autogonen Stammformen entwickelt haben, und vielleicht noch heutzutage durch Archigonie entstehen. Andererseits ist es sehr wohl möglich, dass einige der hier zu den Protisten gerechneten Formen niedere Entwickelungsstufen theils von Thieren, theils von Pflanzen sind. Da wir diese Frage noch im fünfundzwanzigsten Capitel näher zu erörtern haben, so wollen wir hier nicht weiter darauf eingehen. Wenn man unser Protistenreich verwirft und bloss die beiden Reiche der Thiere und Pflanzen anerkennen will, so würde man die Diatomeen und Myxomyceten wohl am passendsten dem Pflanzenreiche, die Rhizopoden, Noctiluken und Spongien dem Thierreiche anschliessen müssen, wogegen die systematische Stellung der Flagellaten, Protoplasten und Moneren unter allen Umständen höchst zweifelhaft bleiben muss.

Erster Stamm des Protisten-Reiches:
Moneres, H. *Moneren.*

Moneren[1]) nennen wir alle vollkommen structurlosen und homogenen Organismen, welche lediglich aus einem Stückchen Plasma (einer schleimartigen Eiweiss-Verbindung) bestehen, das sich einfach durch Endosmose ernährt, und durch Schizogonie oder Sporogonie fortpflanzt. Die meisten Moneren führen trotz alles Mangels differenzirter Bewegungs-Organe ausgezeichnete Bewegungen aus, die bald mehr denen der Amoeben (*Protamoeba*), bald mehr denen der Rhizopoden gleichen (*Protogenes*). Einige von ihnen scheiden im Ruhezustand eine äussere Hülle (Cyste) aus. Stets sind sie einfachste Cytoden. Diese äusserst merkwürdigen und höchst wichtigen Organismen, welche sich von allen andern bekannten Organismen durch den vollständigen Mangel jeglicher Structur unterscheiden, und in der That nur ein Stückchen lebendiges Eiweiss oder Schleim darstellen, sind erst in neuester Zeit Gegenstand der verdienten Aufmerksamkeit geworden.

Das grösste bis jetzt bekannte Protist, welches in den Stamm der Moneren gehört, ist von uns im Mittelmeere entdeckt und als *Protogenes primordialis* beschrieben und abgebildet worden[2]). Es stellt einen kolossalen homogenen Plasmaklumpen dar, welcher nach Art der echten Rhizopoden (Acyttarien und Radiolarien) nach allen Seiten verästelte und verschmelzelnde Pseudopodiencomplexe ausstrahlt, und sich durch Theilung vermehrt. Unserem *Protogenes primordialis* nächstverwandt ist der kleinere, von Max Schultze im adriatischen Meere beobachtete *Protogenes porrectus* (*Amoeba porrecta*). Die Gattung *Protogenes* stellt zeitlebens denselben einfachsten biologischen Zustand dar, den die Plasmodien einiger Myxomyceten in ihrer Jugend durchlaufen.

Im Süsswasser haben wir ein amoebenartiges, aber kernloses homogenes Wesen entdeckt, welches wir oben als *Protamoeba primitiva* beschrieben haben (Bd. I, S. 133). Seitdem sind die höchst interessanten neuen

[1]) μονήρης, einfach. Vergl. Bd. I, S. 135.

[2]) E. Haeckel, über den Sarcodekörper der Rhizopoden, Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie, XV, 1865, S. 342, 360, Taf. XXVI, Fig. 1, 2.

„Beiträge zur Kenntniss der Monaden“ von L. Cienkowski [1]) erschienen, worin dieser ausgezeichnete Protistiker die vollständige und höchst wichtige Naturgeschichte einer Anzahl neuer, der *Protamoeba* nächst verwandter Moneren gegeben hat. Wir verweisen hier vorzüglich auf diese letztere Arbeit, welche um so mehr zu beachten ist, als sie von einem Naturforscher herrührt, der nicht allein als objectiver und vorurtheilsfreier Beobachter mit Recht anerkannt ist, sondern auch logisch zu denken, richtig zu vergleichen und aus der Synthese der einzelnen analytischen Beobachtungen allgemeine Schlüsse zu ziehen versteht, eine unter den organischen Morphologen wirklich seltene Eigenschaft! Unter den von Cienkowski als Monaden beschriebenen Wesen gehören zwei kernlose, lediglich aus einem lebenden Plasmaklümpchen bestehende Formen zu unserem Moneren-Stamm, nämlich die Zoosporen bildende *Monas amyli*, welche wir als *Protomonas amyli* von den übrigen Monaden sondern, und die äusserst merkwürdigen Vampyrellen, rothe Moneren, welche sich nicht durch Schwärmsporen, sondern durch actinophrys-ähnliche Keime fortpflanzen. Von *Vampyrella* hat Cienkowski drei verschiedene Arten: *V. vorax*, *V. pendula* und *V. spirogyrae* beschrieben. Endlich müssen wir zu den Moneren auch die seltsame Organismen-Gruppe der Vibrioniden rechnen, welche zuerst Ehrenberg in seinem grossen Infusorienwerke näher beschrieben und in die Gattungen *Vibrio*, *Bacterium*, *Spirochaeta*, *Spirillum*, *Spirodiscus* geschieden hat.

Alle echten Moneren, so verschieden sie auch sonst sein mögen, stimmen darin überein, dass sie zeitlebens structurlose und homogene Plasmakörper bleiben und keinerlei Organisation erhalten. Es sind „Organismen ohne Organe“ (vergl. Bd. I, S. 135). Der einzige Differenzirungs-Process, den sie erleiden können, besteht darin, dass sie beim Uebergange in den Ruhezustand eine Hülle (Cyste) abscheiden (*Protomonas*, *Vampyrella*). Die Gymnocytode wird dadurch zur Lepocytode. Niemals aber differenzirt sich im Plasma der echten Moneren ein Kern; niemals wird also aus der Cytode eine Zelle. Die Bewegungen, welche das structurlose Eiweissstückchen des Moneres ausführt, sind sehr verschiedenartig, bald wie bei den Amoeben (*Protamoeba*), bald wie bei den echten Rhizopoden (*Protogenes*), bald zu verschiedenen Lebenszeiten verschieden (*Protomonas*, *Vampyrella*), bald charakteristisch lebhaft schlängelnd (die Vibrionen).

Will man unter den Moneren verschiedene Gruppen unterscheiden, so können wir als solche die Gymnomoneren und Lepomoneren bezeichnen. Die Gymnomoneren (*Protogenes*, *Protamoeba*, *Bacterium*, *Vibrio* etc.) bleiben zeitlebens nackt, während die Lepomoneren (*Protomonas*, *Vampyrella*) beim Uebergange in den Ruhezustand eine Hülle ausschwitzen.

Was die Phylogenie der Moneren anbelangt, so ist uns dieselbe noch ganz unbekannt. Nach unserer persönlichen Ueberzeugung entstehen dieselben, wenigstens zum Theil, noch fortwährend durch Archigonie, sei es nun durch Autogonie oder durch Plasmogonie (S. 33). Ob dieselben noch gegenwärtig sich zu höheren Organismen weiter entwickeln, wissen wir nicht. Doch kann es uns nicht zweifelhaft sein, dass die autogonen Stammformen sämmtlicher organischer Stämme, sowohl der protistischen als der vegetabilischen und animalischen Phylen, den morphologischen Charakter der Moneren besessen haben müssen. Aus einem *Protogenes* können sich vielleicht zunächst der Rhizopoden-Stamm, aus einer *Amoeba* der Protoplasten-Stamm etc. entwickelt haben, wie die Jugendzustände dieser Phylen beweisen.

[1]) Max Schultze, Archiv für mikr. Anatomie. I, 1865, S. 203, Taf. XII—XIV.

Zweiter Stamm des Protisten-Reiches:
Protoplasta, H. *Protoplasten.*

In dem Phylum der Protoplasten [1]) vereinigen wir mehrere sehr niedrig stehende Organismen-Gruppen, welche bisher gewöhnlich als Glieder des sogenannten Protozoen-Kreises aufgeführt wurden, nämlich die entozoischen Gregarinen und die freien Sphygmiken, welche bald als *Infusoria rhizopoda* oder als *Atricha* mit den echten Infusorien (Ciliaten), bald als *Lobosa* oder *Amoebina* mit den echten Rhizopoden vereinigt wurden. Den Ausgangspunkt des Stammes bilden die echten Amoeben, von denen wahrscheinlich ein Theil durch Uebergang zur entoparasitischen Lebensweise zu Gregarinen geworden ist, während ein anderer Theil durch Ausscheidung einer Schaale die Arcelliden-Gruppe gebildet hat. Wir können diese drei Gruppen als Ordnungen der Protoplasten-Classe, der einzigen ihres Stammes, unterscheiden. Alle echten Protoplasten enthalten zu irgend einer Zeit ihres Lebens einen oder mehrere Kerne, sind also nicht mehr blosse Cytoden, sondern echte Zellen. Viele besitzen ausserdem eine Haut oder Schaale.

Von den Protoplasten sind viele früheste Entwickelungszustände anderer Organismen nicht zu unterscheiden; sowohl Thiere als Pflanzen durchlaufen sehr allgemein einen Entwickelungszustand, der von gewissen Protoplasten (Amoeben, Gregarinen) nicht anatomisch verschieden erscheint. Die Eier der meisten Thiere und Pflanzen haben den morphologischen Werth von einzelligen Amoeben oder einzelligen Gregarinen (Monocystideen). Vielleicht ist daher das Phylum der Protoplasten ebenso wie das der Moneren Ausgangspunkt und gemeinsame Wurzel für andere Stämme. Vielleicht ist dasselbe aber andererseits selbst aus mehreren ursprünglich selbstständigen Phylen zusammengesetzt.

Erste Ordnung der Protoplasten-Classe:
Gymnamoebae, H. *Nackt-Amoeben.*

Diese Ordnung wird durch die *Autamoeba* oder die echte kernhaltige *Amoeba* als die ursprüngliche Grundform des ganzen Stammes, und durch die verwandten Gattungen *Petalopus*, *Podostoma* etc. gebildet. Auch einige von den Monaden Cienkowski's gehören hierher, nämlich die Zoosporen bildende *Pseudospora* und die durch actinophrys-ähnliche Keime sich fortpflanzende *Nuclearia*. Die meisten Gymnamoeben enthalten in ihrem nackten homogenen Plasmakörper einen einzigen Kern, sind also einfache Nackt-Zellen (Gymnocyta). Einige (*Nuclearia delicatula*) sind im erwachsenen Zustande mehrzellig, da der Plasmakörper mehrere Kerne enthält. Die meisten Gymnamoeben enthalten ausserdem eine oder mehrere contractile Blasen.

Zweite Ordnung der Protoplasten-Classe:
Lepamoebae, H. *Schaal-Amoeben.*

Diese Ordnung hat sich aus den Gymnamoeben durch Secretion einer mehr oder weniger differenzirten Schale entwickelt, die bald eine weiche Haut, bald ein fester Panzer ist. Es gehört hierher der grösste Theil der Arcelliden (*Arcella*, *Difflugia*, *Euglypha*, *Echinopyxis* etc.), welche gewöhnlich zu den echten einkammerigen Rhizopoden oder Monothalamien (*Gromia*, *Lagynis* etc.) gestellt werden.

---

[1]) πρωτόπλαστος, zuerst gebildet, zuerst entstanden.

Dritte Ordnung der Protoplasten-Classe:
Gregarinae. *Gregarinen.*

Wie die Lepamoeben durch progressive, so sind die Gregarinen durch regressive Metamorphose aus den Gymnamoeben hervorgegangen. Wir betrachten diese ausschliesslich parasitische Protisten-Gruppe als Gymnamoeben, welche sich an entoparasitische Lebensweise gewöhnt und sich mit einer schützenden Hülle umgeben, vielleicht auch ihre contractile Blase, falls sie eine solche besassen, verloren haben. Die Ordnung zerfällt in zwei Familien: Monocystidea (*Monocystis*) und Polycystidea (*Stylorhynchus*), je nachdem der reife Körper aus einer einzigen oder aus mehreren (meist zwei oder drei) verbundenen Zellen besteht.

Dritter Stamm des Protisten-Reiches:
Diatomea. *Kieselzellen.*

Die formenreiche Gruppe der Diatomeen wurde früher wegen ihrer eigenthümlichen Bewegungen gewöhnlich zu den Thieren (Infusorien), neuerdings meist zu den Pflanzen (Algen) gerechnet. Am passendsten erscheint es, dieselbe als ein selbstständiges Protisten-Phylum aufzufassen, welches durch seine eigenthümliche Kieselschalenbildung und Bewegung hinlänglich charakterisirt ist. Diese Ansicht hat auch schon Max Schultze in seinen neuesten „Mittheilungen über die Bewegungen der Diatomeen" begründet, worin er zeigt, dass dieselben weder Thiere noch Pflanzen, sondern „Urorganismen" sind [1]. Verbindende Uebergangsformen zu anderen Organismen-Gruppen sind nicht vorhanden. Am nächsten scheinen ihnen sonst die Desmidiaceen unter den Algen zu stehen. Von diesen unterscheiden sie sich aber wesentlich durch die spaltförmige Oeffnung (Raphe) in der kieseligen Zellenwand, durch welche ihr Protoplasma-Körper frei zu Tage tritt.

Die Paläontologie zeigt uns, dass dieses Phylum schon seit sehr langer Zeit in wenig verändertem Zustande existirt hat. Schon in der Steinkohle finden sich Diatomeen. Häufig sind sie in den Feuersteinen der Kreide. In der älteren Tertiärzeit bilden sie mächtige Lager. Ein Stammbaum der Gruppe lässt sich aber aus ihren fossilen Resten bis jetzt nicht construiren, so wenig als bei den Rhizopoden.

Die Diatomeen sind entweder einfache kieselschalige Zellen, oder mehr oder weniger innig verbundene kieselschalige Zellencomplexe. Theils schwimmen sie frei umher, theils sitzen sie fest. Nach der Structur der Kieselschaale unterscheidet man drei Gruppen: 1) Gestreifte, Striatae (*Surirella, Navicula*); 2) Striemige, Vittatae (*Licmophora, Tabellaria*); 3) Gefelderte, Areolatae (*Coscinodiscus, Tripodiscus*).

Vierter Stamm des Protisten-Reiches:
Flagellata. *Geisselschwärmer.*

Die systematische Stellung der Flagellaten ist noch heutzutage völlig unentschieden, da eben so viel Stimmen sie zu den Pflanzen, wie zu den Thieren zählen. Viele hierher gehörige Organismen sind nicht zu unterscheiden von den Jugendzuständen (Schwärmsporen) echter Pflanzen (Algen) und gewisser Protisten anderer Stämme (Myxomyceten); andere schliessen

[1]) Max Schultze, Archiv f. mikr. Anat. 1, 1865, S. 400.

sich mehr an die echten Infusorien (Ciliaten), also an unzweifelhafte Thiere an. Es erscheint daher am passendsten, die unzweifelhaft selbstständigen Formen, welche hierher gehören und welche alle unter sich sehr nahe verwandt sind, als Zweige eines selbstständigen Protisten-Stammes zu betrachten. Mit Ausnahme der Cilioflagellaten (Peridinien), deren charakteristisch gebildete Kieselschalen sich bisweilen im Jura und in der Kreide finden, sind keine fossilen Reste dieses Stammes bekannt.

Der Flagellaten-Stamm kann in zwei Ordnungen gespalten werden. Die niedere Ordnung der Nudoflagellaten oder der unbewimperten Geisselschwärmer umfasst die Familien der Astasiaeen (*Euglena*, *Astasia*), Dinobryinen (*Dinobryon*), Volvocinen (*Volvox*, *Gonium*), Hydromorinen (*Spondylomorum*) und einige verwandte Familien. Die höhere Ordnung der Cilioflagellaten, welche vielleicht aus ersterer sich entwickelt hat, enthält bloss die eine Familie der Peridiniden (*Peridinium*, *Ceratium* etc.).

Fünfter Stamm des Protisten-Reiches:
Myxomycetes. *Schleimpilze.*

(Synonym: *Mycetozoa. Myxogastres.*)

Die merkwürdige Gruppe der Myxomyceten stand wegen der Aehnlichkeit ihrer reifen Zustände mit unzweifelhaften Pilzen, den echten Gastromyceten, unangefochten in der Classe der Pilze und wurde gleich diesen als echte Pflanzen angesehen, bis vor sieben Jahren A. de Bary durch seine ausgezeichneten Untersuchungen nachwies, dass dieselben durch ihre höchst eigenthümliche Entwickelung sich gänzlich von allen Pilzen nicht nur, sondern von allen Pflanzen überhaupt entfernen. Der gastromyceten-ähnliche Fruchtkörper oder das Sporangium der Myxomyceten entwickelt sich unmittelbar durch einen sehr merkwürdigen Differenzirungs-Process aus einem grossen Plasmodium, einem homogenen und structurlosen Plasmakörper, welcher durch Verwachsung (Concrescenz) vieler ursprünglich selbstständiger amoebenförmiger Keime entsteht, deren jeder nach seinem Ausschlüpfen aus der Spore sich frei umherbewegt hat.

Dieser höchst eigenthümliche Entwickelungsmodus veranlasste de Bary, die Myxomyceten als Mycetozoen zu dem Thierreich zu stellen, wo sie den Rhizopoden unter den Protozoen am nächsten stehen würden. Gleich den echten Rhizopoden selbst betrachten wir auch die Myxomyceten als Glieder eines selbstständigen Protisten-Stammes, der seine eigene phyletische Entwickelung ganz unabhängig von anderen Organismen durchlaufen hat. Doch können wir auf seine Phylogenie nur aus seiner biontischen Entwickelung schliessen, da die empirische Paläontologie uns über die erstere gar keine Aufschlüsse liefert. A. de Bary hat vier verschiedene Ordnungen aufgestellt, in welche der Myxomyceten-Stamm sich differenzirt hat; diese sind: 1) Physareae (*Physarum*, *Aethalium*); 2) Stemoniteae (*Stemonitis*, *Enerthenema*); 3) Trichiaceae (*Licea*, *Arcyria*); 4) Lycogaleae (*Lycogala*, *Reticularia*).

Sechster Stamm des Protisten-Reiches:
Noctilucae. *Meerleuchten.*

Als einen eigenthümlichen Stamm des Protisten-Reiches müssen wir die merkwürdige Gruppe der Meerleuchten oder Noctiluken (*Myxocystodea*) auffassen, welche bloss aus dem einzigen Genus *Noctiluca* besteht. Von dieser

Gattung ist nur eine Art (*N. miliaris*) mit Sicherheit bekannt. Es sind kleine pfirsichförmige Bläschen, welche gegen 1mm Durchmesser erreichen und das Meer oft in so ungeheuren Massen bedecken, dass sie eine mehr als zolldicke Schleimschicht auf dessen Oberfläche bilden. Sie sind eine der wesentlichsten Ursachen des Meeresleuchtens.

Eine Verwandtschaft der Noctiluken zu anderen Organismen ist durchaus nicht mit Sicherheit zu ermitteln. Einige stellen sie zu den Rhizopoden, andere zu den Infusorien; doch könnte man sie fast mit demselben Rechte auch in die Reihe der grossen Diatomeen stellen. Da sie keine harten, der Fossilisation fähigen Theile besitzen und da auch ihre Ontogenese zur Zeit noch ganz unbekannt ist, so sind wir über ihre Phylogenie gänzlich im Dunkeln. Unter diesen Umständen erscheint es am sichersten, sie als einen eigenen, besonderen Stamm des Protisten-Reiches aufzufassen.

Siebenter Stamm des Protisten-Reiches:
Rhizopoda. *Wurzelfüsser.*

Eine der formenreichsten und merkwürdigsten Organismen-Gruppen bildet die grosse Abtheilung der Rhizopoden, welche wir als einen vollkommen selbstständigen Stamm des Protistenreiches betrachten. Zwar werden dieselben gewöhnlich als Thiere aufgeführt; indessen ist irgend ein Uebergang oder überhaupt nur irgend eine unzweifelhafte Beziehung zu echten Thieren nicht vorhanden. Die einzigen Organismen, mit denen man die echten Rhizopoden allenfalls in Verbindung bringen könnte, sind einerseits die Spongien, andererseits die Protoplasten, von welchen letzteren bisher ein Theil (Amoebiden und Arcelliden) gewöhnlich mit den echten Rhizopoden vereint gewesen ist. Doch sind auch die Beziehungen zu diesen Gruppen so allgemeiner und indifferenter Natur, dass es uns vorläufig bei weitem am sichersten scheint, die echten Rhizopoden als ein eigenes selbstständiges Phylum zu sondern.

Fossile Reste von Rhizopoden sind in Masse bekannt, und zwar sind die kieselschaligen Radiolarien bisher nur tertiär, die kalkschaligen Acyttarien dagegen schon von den ältesten Formationen an gefunden worden. Doch hat es bis jetzt nicht gelingen wollen, in der Masse der paläontologischen Thatsachen das Gesetz der phyletischen Entwickelung des Rhizopoden-Stammes zu erkennen.

Der Rhizopoden-Stamm, wie wir ihn nach Ausschluss der Protoplasten begrenzen, umfasst ausschliesslich hautlose Protisten, deren nackter Protoplasmakörper allenthalben verästelte und confluirende Pseudopodien ausstrahlt und ausserdem meistens ein kieseliges oder kalkiges Skelet ausscheidet. Eine contractile Blase, wie sie die Infusorien und Protoplasten meistens besitzen, fehlt stets. Es gehören hierher die beiden umfangreichen Gruppen der Acyttarien und Radiolarien und die kleine Gruppe der Heliozoen (*Actinosphaerium* und die verwandten Rhizopoden), von denen die letzteren vielleicht alte Süsswasser-Formen repräsentiren, die sich von dem gemeinsamen Urstamm der Rhizopoden schon frühzeitig abgezweigt haben.

Erste Classe des Rhizopoden-Stammes:
Acyttaria, H. *Spiralrhizopoden.*

(Synonym: *Polythalamia. Foraminifera. Reticularia.*)

Die Acyttarien-Classe, welche im Ganzen den Gruppen der Polythalamien, Foraminiferen oder Reticularien, im Sinne der neueren Autoren, je-

doch nach Ausschluss gewisser Gruppen entspricht, ist die niedere und unvollkommnere Abtheilung des Rhizopoden-Stammes. Der Weichkörper des Thieres besteht hier lediglich aus nicht differenzirter Sarcode, in welcher sich jedoch häufig (vielleicht immer?) Kerne entwickelt haben. Es fehlt aber die Centralkapsel, welche den Radiolarien eigenthümlich ist. Meist ist eine kalkige, seltener eine häutige oder kieselige Schale vorhanden, welche in den vollkommneren Acyttarien einen hohen Grad von Complication in Form und Structur erhält. Ueber die Classification dieser formenreichen Classe ist die neueste Bearbeitung derselben von Carpenter zu vergleichen [1]). Max Schultze hatte dieselben nach Zahl und Anordnung der Schalenkammern in Einkammerige oder Monothalamia (*Gromia*, *Lagynis*) und Vielkammerige oder Polythalamia eingetheilt, und unter letzteren die Gruppen der Acervuliniden, Nodosariden, Milioliden, Nautiloiden, Turbinoiden, Alveoliniden und Soritiden unterschieden [2]). Carpenter dagegen unterscheidet nach der Beschaffenheit der Schalenwand-Structur die beiden Ordnungen der Imperforata mit undurchbohrter und der Perforata mit durchbohrter Schale. Zu ersteren gehören die Gromiden, Milioliden und Lituoliden, zu letzteren die Lageniden, Globigeriniden und Nummuliniden. Wir halten uns hier nicht mit deren Anordnung auf, da die Ergebnisse aller bisherigen Classifications-Versuche noch nicht in Einklang mit den paläontologischen Resultaten haben gebracht werden können und für die Phylogenie werthlos sind.

Die Acyttarien sind dadurch merkwürdig, dass zu ihnen der älteste bekannte fossile Rest eines Organismus gehört, die Kalkschale von *Eozoon canadense*, welche vor wenigen Jahren in der unteren laurentischen Formation Canadas (Ottawa) gefunden worden ist, und plötzlich die ungeheuer lange Zeit der organischen Erdgeschichte noch um colossale Zeiträume verlängert hat. Sehr zahlreich finden sich Polythalamien-Schalen auch schon im Silur und Devon, namentlich kieselige Steinkerne derselben. Ihre eigentliche Acme erreicht die Classe jedoch erst in der Kreide- und besonders in der älteren Tertiär-Zeit (Nummuliten-Formation!), wo sowohl die Anzahl ihrer verschiedenen Arten und die bedeutende Grösse eines Theiles derselben (*Nummulites*), als auch besonders die ungeheure Masse der Individuen erstaunlich ist, die oft ganze Berge fast allein zusammensetzen.

Zweite Classe des Rhizopoden-Stammes:
Heliozoa, H. *Sonnenthierchen.*

Die Classe der Heliozoen oder Actinosphäriden wird bis jetzt mit Sicherheit nur durch ein einziges Protist repräsentirt, durch *Actinosphaerium Eichhornii* (*Actinophrys Eichhornii*), den bedeutendsten unter den wenigen Vertretern der echten Rhizopoden im süssen Wasser. Wahrscheinlich ist derselbe als ein sehr alter und wenig veränderter directer Abkömmling der älteren Rhizopoden-Vorfahren zu betrachten (wie auch *Gromia* unter den Acyttarien), welcher sich, gleich anderen alten Süsswasser-Formen (*Hydra*, *Ganoida*) in dem einfacheren Kampfe um das Dasein gut conservirt hat. Seiner Structur nach scheint *Actinosphaerium* zwischen den Acyttarien und Radiolarien in der Mitte zu stehen, kann jedoch keiner von beiden Abtheilungen zugerechnet werden. Insbesondere fehlt ihm die charakteristische Centralkapsel der Radiolarien.

---

[1]) Carpenter, Introduction to the study of the Foraminifera. London 1862.
[2]) Max Schultze, über den Organismus der Polythalamien, Leipzig 1854.

Dritte Classe des Rhizopoden-Stammes:

Radiolaria. *Strahlrhizopoden.*

(Synonym: *Cytophora. Polycystina. Echinocystida.*)

Die Radiolarien-Classe ist noch ungleich formenreicher als die Acyttarien-Classe, von der sie sich wesentlich durch den Besitz einer Centralkapsel unterscheidet, welche der letzteren stets fehlt. Gewöhnlich sind ausserdem noch gelbe Zellen in der die Kapsel umhüllenden Sarcode-Masse vorhanden. Meistens ist ein Kieselskelet ausgebildet, welches die zierlichsten und mannichfaltigsten Formen darbietet, die überhaupt in der organischen Natur vorkommen. Wir haben in unserer Monographie der Radiolarien versucht, die reiche Fülle dieser höchst verschiedenartigen Formen auf Grund ihrer vergleichenden Anatomie derartig in eine genealogische Verwandtschaftstabelle systematisch zu ordnen, dass daraus die Möglichkeit einer gemeinsamen Abstammung derselben von einer einzigen Grundform (*Heliosphaera*) ersichtlich wird [1]).

Die fossilen Reste der Radiolarien bieten für ihre Phylogenie eben so wenig Anhaltspunkte, als es bei den Acyttarien der Fall ist. Uebrigens sind sie ungleich seltener, als die der letzteren. In grossen Massen, und ganz vorwiegend das Gestein bildend, sind die Kieselschalen der Radiolarien bisher nur an zwei Orten, auf der Insel Barbados und den Nikobaren-Inseln, gefunden worden (l. c. S. 191). Diese sowohl, als alle anderen Gesteine, welche fossile Radiolarien enthalten, sind in der Tertiärzeit abgelagert worden.

Achter Stamm des Protisten-Reiches:

Spongiae. *Schwämme.*

(Synonym: *Porifera. Amorphozoa. Spongida. Spongiaria.*)

Die schwierige und viel verhandelte Frage von der systematischen Stellung der Schwämme oder Spongien scheint uns ebenso wie diejenige von der Stellung der Rhizopoden am besten dadurch gelöst zu werden, dass wir sie als einen besonderen und unabhängigen Stamm des Protisten-Reiches hinstellen. Unter allen Organismen stehen die Rhizopoden den Schwämmen am nächsten, doch nicht in solcher Beziehung, dass wir sie mit diesen in einem einzigen Phylum vereinigen können. Früherhin wurden die Spongien meistens von den Zoologen für Pflanzen, von den Botanikern für Thiere angesehen, und deshalb von Beiden vernachlässigt. Erst als vor zehn Jahren ihre Biologie durch die vortrefflichen Untersuchungen von Lieberkühn näher bekannt wurde, beschloss man allgemein sie für Thiere zu erklären, obwohl in den wichtigen Resultaten jener Untersuchungen selbst durchaus kein genügender Grund für diese Bestimmung lag. Sie wurden nun als eine besondere Classe bald in den Protozoen-Kreis, bald in den Coelenteraten-Kreis eingereiht. Die Aehnlichkeit mit den letzteren ist aber offenbar bloss Analogie, keine Homologie.

---

[1]) Ernst Haeckel, die Radiolarien. Eine Monographie. Berlin, G. Reimer 1862, S. 234. Wie wir dort ausdrücklich bemerkt haben, wollten wir durch jenen provisorischen Versuch nur zeigen, dass die unendlich mannichfaltige Radiolarien-Classe als eine einzige blutsverwandte Gruppe nachgewiesen werden kann. Als eigentliche Ausgangsform oder gemeinsame Stammform würde nicht *Heliosphaera*, sondern ein einfachstes Radiolar der Colliden-Familie, etwa eine der *Thalassosphaera* nahe stehende Form anzusehen sein.

Alle jetzt lebenden Schwämme besitzen kein zusammenhängendes Skelet. Die einzelnen Skeletstücke (Spicula etc.), welche das Fasergerüst der meisten stützen, sind zwar vielfach in fossilem Zustande erhalten, vermögen uns aber keinerlei Aufschluss über ihre Phylogenie zu ertheilen. Dagegen giebt es eine grosse Anzahl von sehr charakteristisch geformten fossilen Körpern, welche man gewöhnlich als „*Petrospongiae*" der Schwammclasse einverleibt. Wir gestehen, dass wir diese Vereinigung nur mit dem grössten Misstrauen betrachten können, und aus vielen, an einem anderen Orte ausführlich zu erörternden Gründen, vielmehr geneigt sind, die Petrospongien für einen eigenthümlichen, schon am Beginn der Tertiärzeit völlig ausgestorbenen Protisten-Stamm zu halten. Da wir jedoch, bei unserer höchst unvollständigen Kenntniss desselben, keine genügende Charakteristik davon geben können, und er immerhin unter allen anderen Organismen den echten Spongien am nächsten zu stehen scheint, so wollen wir denselben hier als eine besondere Classe des Spongien-Stammes den echten Spongien oder Autospongien gegenüber stellen:

Erste Classe des Spongien-Stammes:
Autospongiae, H. *Echte Schwämme.*

Diese Classe umfasst alle jetzt lebenden Schwämme, von denen keiner ein derartiges verwickelt organisirtes Skelet und eine so ausgezeichnete und regelmässige Form besitzt, wie die fossilen Petrospongien. Wenn die Autospongien ein Skelet besitzen, so besteht es bloss aus einzelnen kieseligen oder kalkigen Stücken: Nadeln (Spicula), Kreuzen, Stachelsternen, Amphidisken, Siebkugeln etc. Diese sind auch sehr zahlreich in fossilem Zustande, besonders in den Tertiär-Gebilden, erhalten gefunden worden, ohne dass sie über die Phylogenie der Autospongien irgend etwas Bestimmtes aussagten. Die lebenden Autospongien zerfallen nach der chemischen Beschaffenheit ihres Skelets in vier Ordnungen: I. Myxospongiae oder Schleimschwämme (*Halisarca*) ohne jedes Skelet, bloss aus weichen Plastiden zusammengesetzt. II. Ceratospongiae oder Hornschwämme (*Euspongia*, *Filifera*, *Darwinella*) mit organischem Skelet von hornähnlicher oder chitinähnlicher Consistenz. III. Silicispongiae oder Kieselschwämme (*Clione*, *Halichondria*, *Spongilla* etc.) mit kieseligem Skelet. IV. Calcispongiae (*Grantia*, *Sycon*) mit kalkigem Skelet. Offenbar bilden die Myxospongien die älteste Stammform, aus der sich erst später die Ceratospongien entwickelt haben. Aus den letzteren sind dann als zwei unabhängige divergirende Zweige die Silicispongien und Calcispongien hervorgegangen, wie es Fritz Müller so klar erläutert hat[1].

Zweite Classe des Spongien-Stammes:
Petrospongiae. *Becherschwämme.*

Diese sehr merkwürdige Organismengruppe, welche aller Wahrscheinlichkeit nach einen ganz besonderen und selbstständigen, schon im Beginn der Tertiärzeit völlig erloschenen Stamm des Protistenreiches darstellt und sich durch seine charakteristische Form und Structur sehr wesentlich von den Autospongien unterscheidet, umfasst folgende fünf Ordnungen: I. Turonida (*Turonia*, *Stromatopora*, *Amorphospongia*); II. Bothroconida (*Spar-*

---

[1]) Fritz Müller, über *Darwinella aurea*, einen Schwamm mit sternförmigen Hornnadeln. Archiv f. mikr. Anat. 1865, S. 344.

sispongia, *Bothroconis*, *Pleurostoma*); III. Lymnorida (*Lymnorea*, *Liospongia*, *Actinospongia*); IV. Siphonida (*Siphonia*, *Eudea*, *Cnemidium*); V. Ocellarida (*Coeloptychium*, *Ocellaria*, *Guettardia*). Die formenreiche Petrospongien-Classe beginnt bereits mit *Stromatopora* und *Palaeospongia* im unteren Silur, bleibt aber in der Primärzeit im Ganzen noch spärlich. Massenhaft entwickelt sie sich von Beginn der Secundärzeit an, für welche sie sehr charakteristisch ist, und erreicht die Acme ihre Entwickelung am Ende der Mesolithzeit, in der Weisskreide. Dann stirbt sie fast völlig aus, und nur ein einziger, merkwürdiger Repräsentant, *Guettardia Thiolati*, findet sich noch als letzter Ausläufer im Beginn der Tertiärzeit, im Nummulitenkalk.

III. Das natürliche System des Pflanzenreichs.

Von den drei organischen Reichen oder obersten Hauptgruppen, denen sich sämmtliche Organismen einordnen lassen, repräsentirt das Pflanzenreich am meisten eine geschlossene Einheit, so dass, falls man jedes der drei Reiche als einen einzigen natürlichen Stamm (Phylum) auffassen und für jedes derselben eine selbstständige autogone Stammform annehmen wollte, diese Annahme sich noch am ersten für das Pflanzenreich rechtfertigen liesse. Der Unterschied, den das Pflanzenreich in dieser Beziehung gegenüber dem Protistenreiche und dem Thierreiche darbietet, ist sehr augenfällig, und äussert sich unter Anderem auch darin, dass die Botaniker keine solchen grossen natürlichen Hauptabtheilungen des Pflanzenreichs aufzustellen vermocht haben, wie sie im Thierreiche gegenwärtig von allen Zoologen als unabhängige „Typen" oder „Kreise" (Orbes, Branches, Embranchements, Subkingdoms) anerkannt sind. Die charakteristische Eigenthümlichkeit dieser thierischen „Kreise" oder „Unterreiche" besteht darin, dass jeder derselben seinen eigenen „Organisationsplan oder Organisationstypus" besitzt, welcher ihm eigenthümlich und ausschliesslich zukommt, und welcher innerhalb des Kreises sich zu einem hohen Grade der Vollkommenheit entwickeln kann, unabhängig von allen anderen Kreisen. Die anatomischen, embryologischen und paläontologischen Verhältnisse dieser Kreise führten uns zu der Vorstellung, dass jeder derselben einem natürlichen Stamme oder Phylum entspricht. Wir konnten daher das Thierreich als ein Aggregat von fünf verschiedenen Stämmen auffassen, welche den fünf allgemein anerkannten Typen oder Subkingdoms entsprechen: Vertebraten, Articulaten, Mollusken, Echinodermen und Coelenteraten. Keine von diesen Abtheilungen kann einfach als eine niedere Entwickelungsstufe der anderen angesehen werden. Eine analoge Eintheilung ist nun im Pflanzenreiche keineswegs durchführbar. Jenen fünf thierischen Abtheilungen entsprechen nicht die wenigen grossen Hauptabtheilungen, welche man im Pflanzenreiche schon seit langer Zeit als Cryptogamen und Phanerogamen, oder als Thallophyten und Cormo-

phyten, oder als Plantae cellulares und Plantae vasculares unterschieden hat. Vielmehr erscheint es hier ungleich natürlicher, die ersteren nur als persistente Nachkommen von niederen Entwickelungsstufen der letzteren anzusehen.

Wenn wir die ganze Anatomie und Morphogenie des Pflanzenreichs vergleichend ins Auge fassen, so erscheint es uns wohl am natürlichsten, dasselbe als einen einzigen Stamm oder Phylum aufzufassen, jedoch nach Ausschluss derjenigen, bald zum Thierreich, bald zum Pflanzenreich gerechneten Stämme, welche wir bereits im Vorhergehenden als zu den Protisten gehörig bezeichnet haben: Myxomyceten, Diatomeen, Flagellaten etc. Wir haben auf Taf. II den Versuch gemacht, diese Anschauung durch die Darstellung eines Stammbaums, welcher sämmtliche echte Pflanzen umfasst, zu erläutern.

Neigt man andrerseits mehr zu der Ansicht, dass auch das Pflanzenreich, gleich dem Thierreich und dem Protistenreich, aus mehreren verschiedenen, selbstständigen Stämmen zusammengesetzt ist, so würden als solche isolirte Phylen sich vielleicht zunächst diejenigen vier Hauptgruppen darbieten, die wir bereits oben (Bd. I, S. 220) unterschieden haben, nämlich die Phycophyten, Characeen, Nematophyten und Cormophyten. Jedoch ist der genealogische Zusammenhang auch dieser vier Gruppen uns aus mehreren Gründen sehr wahrscheinlich, und es ist sehr leicht möglich, dass nicht allein die Characeen und Nematophyten, sondern auch die Cormophyten aus dem Phycophyten-Stamme ihren Ursprung genommen haben. Dagegen ist das Phylum der Phycophyten selbst vielleicht ein Aggregat von mehreren ganz selbstständigen Stämmen, und es ist z. B. sehr leicht möglich, dass die Florideen ein eigenes Phylum bilden, ebenso die Fucoideen und andere Gruppen der sogenannten Algenclasse. Da wir diese schwierige Frage im fünfundzwanzigsten Capitel nochmals berühren werden, so halten wir uns hier nicht länger bei derselben auf, und wenden uns zu einer kurzen Uebersicht des natürlichen Systems des Pflanzenreichs, wobei wir zugleich auf Cap. XXV, sowie Taf. II und deren Erklärung verweisen. Den vier Stämmen, welche wir bereits im siebenten Capitel geschieden haben, fügen wir hier noch als zwei selbstständige Phylen die eben genannten eigenthümlichen Algengruppen hinzu, indem wir die Algenclasse in drei Stämme auflösen, in die Archephyten, Florideen und Fucoideen. Wir erhalten demnach sechs verschiedene Stämme des Pflanzenreichs, welche jedoch höchst wahrscheinlich sämmtlich an ihrer Wurzel zusammenhängen und gemeinsamen Ursprungs sind, wie es Taf. I andeutet. Die Paläontologie vermag über diese wichtige Frage wieder keine Auskunft zu geben, da fast alle fossilen Pflanzenreste, welche deutlich erkennbar und von phylogenetischer Bedeutung sind, dem Cormophyten-Stamme angehören.

Erster Stamm des Pflanzenreichs: **Archephyta**, H. *Urpflanzen.*

Als Archephyten oder Urpflanzen fassen wir den grössten Theil der niederen Algen zusammen, welche von der Algengruppe nach Abzug der Fucoideen und Florideen und derjenigen einfachsten Pflanzen übrig bleiben, welche die Stammformen der übrigen vegetabilischen Phylen sind. Wenn das ganze Pflanzenreich einem einzigen Phylon entsprechen sollte, wie es auf Taf. II dargestellt ist, so würden die Archephyten wahrscheinlich zugleich die ältesten Stammformen und die am wenigsten veränderten Nachkommen derselben enthalten. Wir würden dann die Archephyten als Wurzel des ganzen Pflanzenreichs zu betrachten haben. Leider wissen wir von ihrer Phylogenie so gut wie nichts, da die meisten Archephyten äusserst weich und zart, und gar nicht der Erhaltung in fossilem Zustande fähig sind. Einzelne unsichere Reste finden sich in verschiedenen Schichten, die ältesten bisher bekannten im Perm (Ulvaceen) und in der Kreide (Confervaceen). Jedoch lässt sich aus diesen unbedeutenden Resten kein Schluss auf die paläontologische Entwickelung der Gruppe ziehen. Von allen echten Pflanzen stehen die Archephyten den Protisten, und namentlich den Flagellaten und Protoplasten am nächsten. Vielleicht ist dieser Stamm auch, gleich mehreren Protisten-Stämmen, ein Aggregat von mehreren selbstständigen Phylen. Wir theilen den Archephyten-Stamm in fünf Ordnungen, die jedoch schwer zu trennen sind und vielfach zusammenhängen.

Erste Ordnung der Archephyten: **Codiolaceae**, H. *Einsiedler-Algen.*

Codiolaceen nennen wir die einfachsten und unvollkommensten monoplastiden Archephyten (*Codiolum*, *Hydrocytium*, *Protococcus*, *Ophiocytium* etc.). Die Phylogenie dieser Ausgangsgruppe ist ganz unbekannt. Es gehören hierher ausschliesslich monocytode und einzellige Algen.

Zweite Ordnung der Archephyten: **Desmidiaceae.** *Ketten-Algen.*

Die Ordnung der Desmidiaceen umfasst die in ausgezeichneter Form entwickelten monoplastiden oder zu charakteristischen polyplastiden Synusieen (Ketten) verbundenen Algen, welche sich gleich den Zygnemaceen durch Conjugation fortpflanzen. Es gehören hierher die bekannten Genera *Closterium*, *Micrasterias*, *Euastrum*, *Staurastrum* etc. Ihre Phylogenie ist ganz unbekannt. Wahrscheinlich stammen sie von Codiolaceen ab.

Dritte Ordnung der Archephyten: **Nostochaceae.** *Gallert-Algen.*

In dieser Ordnung finden sich, wie in der der Codiolaceen, viele äusserst einfache und unvollkommene Algen, welche vielleicht zum Theil Ausgangspunkte für höhere Gruppen abgeben. Sie kann in die drei Familien der Palmellaceen (*Palmella*, *Coccochloris*), Spermosireen (*Nostoc*, *Spermosira*) und Hydrureen (*Hydrurus*, *Hydrococcus*) gespalten werden. Auch von diesen Ordnungen ist die Phylogenie ganz unbekannt. Sie sind vielleicht theilweis auch Voreltern höherer Pflanzengruppen.

Vierte Ordnung der Archephyten:

Confervaceae. *Faden-Algen.*

Die Ordnung der Confervaceen ist aus den Unter-Ordnungen der Oscillatorieen (*Oscillaria*, *Lingbya*, *Rivularia*), der Ectocarpeen (*Myxonema*, *Conferva*, *Ectocarpus*) und der Zygnemaceen (*Zygnema*, *Spyrogyra* etc.) zusammengesetzt. Die Algen dieser Ordnung sind zum Theil schon höher entwickelt, als die vorigen; doch ist auch ihre Phylogenie uns ganz unbekannt. Einige Arten *Confervites* sind in der Kreide fossil gefunden, einige andere tertiär.

Fünfte Ordnung der Archephyten:

Ulvaceae. *Schlauch-Algen.*

Auch von dieser Algengruppe ist leider die Phylogenie fast ganz unbekannt. *Caulerpites Bronni* findet sich fossil in der Steinkohle; viele andere Arten derselben Gattung im Perm. Diese Ordnung ist die am höchsten entwickelte und vollkommenste Gruppe unter den echten Archephyten. Es gehören hierher die drei Unterordnungen der Siphoneen (*Vaucheria*, *Bryopsis*, *Caulerpa*, *Codium*), der Corallineen (*Corallina*, *Acetabularia*) und der echten Ulven oder Porphyraceen (*Ulva*, *Porphyra*). Sowohl die Corallineen als die Siphoneen gehören vielleicht selbstständigen Phylen an.

Zweiter Stamm des Pflanzenreichs:

Florideae. *Roth-Algen.*

Die schöne und interessante Algengruppe der Florideen oder Pyrrhophyten, meistens roth gefärbter Meerpflanzen, ist durch so viele Eigenthümlichkeiten im Bau, in der embryologischen Entwickelung und in den physiologischen Ernährungs- und Fortpflanzungs-Verhältnissen ausgezeichnet, dass man dieselbe wohl als einen besonderen selbstständigen Stamm des Pflanzenreichs betrachten kann, der sich aus einer eigenen autogonen Moneren-Form entwickelt hat; doch hängt derselbe vielleicht an seiner Wurzel mit anderen Algenstämmen zusammen und würde dann wahrscheinlich von der Archephyten-Gruppe sich abgezweigt haben. Leider ist auch von dieser Algengruppe die Phylogenie sehr unbekannt. Die weichen, zarten und sehr leicht zerstörbaren Körper dieser Seepflanzen sind nur selten der fossilen Erhaltung fähig. Doch finden sich Abdrücke von ziemlich vielen Arten in verschiedenen Schichten vom Devon an aufwärts, vorzüglich im unteren Jura, seltener in der Kohle.

Erste Ordnung der Florideen:

Ceramiaceae. *Horn-Tange.*

Von den beiden Ordnungen, welche wir in der Florideen-Classe unterscheiden, umfasst die artenreiche Gruppe der Ceramiaceen die kleineren und unvollkommneren Formen: *Nemastoma*, *Ceramium*, *Callithamnion*, *Chondrus* etc. Ihre Phylogenie ist sehr unbekannt. Viele Arten *Chondrites* finden sich im Devon, Carbon und Jura; viele Arten *Halymenites* im Jura. Unter ihnen finden sich wahrscheinlich die Voreltern der Sphaerococcaceen.

Zweite Ordnung der Florideen:
Sphaerococcaceae. *Purpur-Tange.*

Diese Ordnung umfasst die ausgebildeteren und vollkommneren Formen er Florideen-Classe, die *Polysiphonia*, *Sphaerococcus*, *Rhodomela*, *Delessea*, *Plocamium* etc. Auch ihre Phylogenie ist wieder sehr unbekannt. Viele rten von *Sphaerococcites* finden sich im Devon, Jura und Tertiär; mehrere rten *Rhodomelites* in der Kohle und Kreide, und *Delesserites* im Eocen.

Dritter Stamm des Pflanzenreichs:
Fucoideae. *Braun-Algen.*

(Synonym: *Fucaceae. Phyceae. Phycoda.*)

Von dieser umfangreichen und vielgestaltigen Algengruppe, welche die grössten und vollkommensten aller marinen Cryptogamen umfasst, gilt dasselbe, was wir im Allgemeinen von der Florideen-Gruppe gesagt haben. Auch diese Gruppe zeichnet sich durch ihre anatomischen und physiologischen Verhältnisse so sehr vor den übrigen Algen, und namentlich einerseits vor den Florideen, andererseits vor den Archephyten aus, dass man sie wohl als ein besonderes Phylum auffassen kann. Andererseits ist es leicht möglich, dass auch sie sich aus den Archephyten hervorgebildet hat, wie es auf Taf. II angedeutet ist. Leider ist uns auch von dieser wichtigen Pflanzengruppe die Phylogenie höchst unbekannt. Die weichen, schleimigen und leicht zerstörbaren Körper dieser Seepflanzen sind trotz ihrer sehr bedeutenden Grösse nur sehr selten der fossilen Erhaltung fähig. Einzelne Abdrücke finden sich in verschiedenen Schichten, von der Kohle an, besonders im Jura, sind jedoch ohne Bedeutung.

Erste Ordnung der Fucoideen:
Chordariaceae. *Strick-Tange.*

Diese Ordnung umfasst die niedersten Fucoideen, *Chordaria*, *Haliseris*, *[...]erococcus*, *Eucoelium* etc. Ihre Phylogenie ist sehr unbekannt. Einzelne [...]en von *Haliserites* und *Eucoelites* finden sich im unteren Jura.

Zweite Ordnung der Fucoiden:
Laminariaceae. *Blatt-Tange.*

Auch von dieser Ordnung, zu welcher die colossalen Blatt-Tange *Lami[...]*, *Haligenia*, *Alaria* etc. gehören, ist die Phylogenie fast ganz unbe[...]. Einzelne Arten von *Laminarites* enthält das Carbon und Tertiär.

Dritte Ordnung der Fucoiden:
Sargassaceae. *Baum-Tange.*

[...]ie Ordnung der Sargassaceen, welche die grössten und vollkommen[...]n allen Algen enthält (*Fucus*, *Halidrys*, *Cystoseira*, *Sargassum* etc.), [...]ns leider durch ihre wenigen und unvollständigen fossilen Reste eben [...]g befriedigende Aufschlüsse über ihre phyletische Entwickelung, als [...]hergehenden Gruppen. Einzelne Arten von *Laminarites* sind fossil in [...]nkohle und im Tertiär gefunden worden.

Vierter Stamm des Pflanzenreichs:
Characeae. *Armleuchter-Pflanzen.*

(Synonym: *Gyrophyceae. Charaphyta. Spiral-Tange.*)

Diese merkwürdige Pflanzengruppe besteht nur aus den beiden Gattungen *Nitella* und *Chara*. Ihre Phylogenie ist ganz unbekannt. Die weichen und leicht zerstörbaren Körper dieser Wasserpflanzen sind nur selten der fossilen Erhaltung fähig. Abdrücke einzelner Arten finden sich im Tertiär-Gebirge, vom Eocen an. Die Früchte finden sich öfter in eocenen und miocenen Süsswasser-Schichten und sind als Gyrogoniten beschrieben worden. Doch kann man aus diesen unbedeutenden Resten keinerlei Schlüsse auf ihre paläontologische Entwickelung ziehen. Die ganz eigenthümlichen anatomischen, ontogenetischen und physiologischen Verhältnisse der Characeen berechtigen zu der Annahme, dass sie einem selbstständigen Phylum angehören, welches sich aus einem eigenen autogonen Moner entwickelt hat. Doch ist es andererseits auch leicht möglich, dass sich die Characeen von den Archephyten, sei es von den Codiolaceen, oder von den Confervaceen oder von einer andern, vielleicht ausgestorbenen und uns nicht bekannten Gruppe abgezweigt haben, wie es auf Taf. II angedeutet ist.

Fünfter Stamm des Pflanzenreichs:
Inophyta. *Faser-Pflanzen.*

Als Inophyta (Faser-Pflanzen) oder Nematophyta (Faden-Pflanzen) fassen wir hier die beiden nächstverwandten Classen der Pilze (Fungi) und Flechten (Lichenes) zusammen, welche höchst wahrscheinlich gemeinsamen Ursprungs sind. Auch von ihnen ist leider die Phylogenie ganz unbekannt. Die weichen und leicht zerstörbaren Körper dieser Pflanzen, vorzüglich der Pilze, sind nur selten der Erhaltung fähig, sondern sehr rasch vergänglich. Viele leben als Parasiten, viele andere als Baumbewohner etc. und gelangen deshalb selten in Verhältnisse, welche der fossilen Conservation günstig sind. Einzelne, sehr unbedeutende und zum Theil unsichere Reste sind in verschiedenen Formationen gefunden worden, die ältesten in der Steinkohle. Die Inophyten müssen entweder aus den Archephyten sich entwickelt haben, oder aus einem oder mehreren autogonen Moneren. Im letzteren Falle müssten sie eine oder mehrere besondere Phylen bilden.

Erste Classe der Nematophyten:
Fungi. *Pilze.*

Die paläontologische Entwickelung der Pilze ist ganz unbekannt. Wenige unbedeutende Reste von Hyphomyceten (***Rhizomorphites***, ***Nyctomyces***) finden sich im Tertiär, von Gasteromyceten (***Excipulites*** in der Steinkohle, ***Xylomites*** im Jura, ***Hysteristes*** im Tertiär), sowie von Pyrenomyceten (***Sphaeria***) im Tertiär. Auch ein Hymenomycet (***Polyporites***) wird aus der Steinkohle angegeben. Aus allen diesen unbedeutenden Resten lässt sich kein Ergebniss für die Phylogenie der Pilze gewinnen.

Zweite Classe der Nematophyten:
Lichenes. *Flechten.*

Auch die paläontologische Entwickelung der Flechten ist uns ebenso wie diejenige der Pilze gänzlich unbekannt. In kenntlichem fossilen Zustande

finden sich nur sehr wenige, ganz unbedeutende und zum Theil auch noch zweifelhafte Reste: *Ramallinites* im Jura und *Verrucarites* im Tertiär. Wahrscheinlich haben sich die Flechten, vereinigt mit den Pilzen, aus Archephyten entwickelt.

Sechster Stamm des Pflanzenreichs:
Cormophyta. *Stockpflanzen.*

Den sechsten und letzten Stamm des Pflanzenreichs bildet die umfangreiche Abtheilung der Cormophyta. Wir fassen hier die Gruppe in demselben Umfange auf, wie sie Unger und Endlicher aufgestellt haben und stellen darin also die sämmtlichen Phanerogamen oder Anthophyten mit den höheren Cryptogamen zusammen, und zwar mit den sämmtlichen moosartigen (Bryophyten) und farrnartigen (Pteridophyten). Es gehören mithin zu den Cormophyten sämmtliche Pflanzen mit Ausnahme der Thallophyten, wenn man unter diesem Ausdruck die fünf vorhergehenden Stämme zusammenfasst.

Dass alle Pflanzen, welche wir in dem Phylum der Cormophyten zusammenfassen, durch das Band wirklicher Blutsverwandtschaft zusammenhängen, scheint uns durch die vergleichende Anatomie, Ontogenie und Phylogenie dieser Gruppe auf das Bündigste bewiesen zu werden. Zunächst ist es klar, dass sämmtliche Phanerogamen (trotz aller Mannichfaltigkeit im Einzelnen) dennoch durch die wesentlichsten Grundzüge ihres Baues und ihrer Entwickelung so innig verbunden sind, dass ihre gemeinsame Abstammung nicht geleugnet werden kann. Ebenso klar ist dies andererseits für die Pteridophyten und Bryophyten, von denen ein Theil der letzteren permanente Prothallium-Formen der ersteren repräsentirt. Die unmittelbare Verbindung der angiospermen Phanerogamen mit den Pteridophyten wird durch die Gymnospermen hergestellt, von denen die Coniferen den Lepidophyten nächst verwandt sind.

Während die Paläontologie uns für die Phylogenie aller vorhergehenden Stämme so gut wie gar keine empirischen Grundlagen lieferte, so bietet sie uns dagegen für die Construction des Cormophyten-Stammbaums die werthvollsten Materialien. Wenn man dieselben unbefangen und reiflich in Erwägung zieht und mit den Daten der vergleichenden Anatomie und Embryologie der Cormophyten zusammenstellt, so wird man, glauben wir, nicht leicht zu einem wesentlich anderen Resultate hinsichtlich ihrer Genealogie kommen können, als es von uns auf Tafel II entworfen worden ist.

Hiernach haben sich also zunächst aus den Moosen die Pteridophyten entwickelt, deren Lepidophyten-Zweig den gymnospermen Anthophyten den Ursprung gegeben hat. Aus diesen haben sich weiterhin die Angiospermen entwickelt, welche sich wahrscheinlich schon frühe in die beiden Gruppen der Monocotylen und Dicotylen differenzirt haben. Von letzteren sind offenbar zuerst die Monochlamydeen entstanden, aus denen sich erst später die Polypetalen, und aus diesen zuletzt die Gamopetalen hervorgebildet haben.

Soweit lässt sich der Cormophyten-Stammbaum mit befriedigender Sicherheit herstellen. Es entsteht nun aber weiter die Frage, welche Pflanzenformen zwischen den Moosen, als den niedersten unzweifelhaften Gliedern des Stammes, und zwischen ihren autogonen Stammformen liegen. Am nächstliegenden erscheint es es hier, auf die Thallophyten, und zwar entweder zunächst auf die Flechten, oder unmittelbar auf die Archephyten zurückzugehen, auf welche das Prothallium der Moose uns hinführt. Wir gelangen also auch auf diesem Wege zu der Annahme, welche wir aus vielen

Gründen für die Genealogie des Pflanzenreichs als die wahrscheinlichste ansehen: dass die sechs von uns provisorisch aufgestellten Phylen des Pflanzenreichs an ihrer Wurzel zusammenhängen und dass das ganze Pflanzenreich ein einziges zusammenhängendes Phylum darstellt, wie Taf. II es andeutet.

Erster Unterstamm der Cormophyten:
Prothallophyta, H. *Vorkeim-Pflanzen.*

(Synonym: *Cryptogamae phyllogonicae. Blatt-Cryptogamen.*)

Die Abtheilung der Prothallophyten umfasst die moosartigen (*Muscinae*) und farrnartigen Cryptogamen (*Filicinae*) im weiteren Sinne, also sämmtliche zur Differenzirung von Stengel und Blatt gelangte Cryptogamen. Sie können daher auch Blatt-Cryptogamen (*Phyllogonicae*) heissen, im Gegensatz zu den die fünf vorhergehenden Phylen bildenden Thallus-Cryptogamen (*Thallogonicae*). Die Ontogenie sämmtlicher hierher gehörigen Pflanzen, soweit sie bekannt ist, verläuft mit echtem Generationswechsel (Metagenesis productiva). Die erste Generation (Prothallium) zeigt noch den einfachen Zustand der alten Voreltern der Classe, ein algen- oder flechtenähnliches Prothallium, ohne Differenzirung von Stengel und Blättern. Letztere tritt erst in der zweiten höher entwickelten Generation auf. Die Entwickelung des Prothalliums beweist theils die gemeinsame Abstammung aller von uns hier vereinigten Pflanzen, theils ihren Ursprung aus niederen Thallophyten, welche vielleicht den vorigen Stämmen (Archephyten, Nematophyten) angehören, in welchem Falle diese Stämme zu verschmelzen sind (vgl. Cap. XXV). Das Prothallium der Moose weist auf Archephyten, das Prothallium der Farrne auf Lebermoose und weiterhin auf Flechten zurück. Leider kann uns die Paläontologie für diese wichtige Frage keine Anhaltspunkte liefern, während sie dagegen die weitere Phylogenie der Pteridophyten in sehr befriedigender Weise erläutert.

Erster Cladus der Prothallophyten:
Bryophyta. *Moose.*

(Synonym: *Muscinae. Musci* (sensu ampliori). *Bryomorpha*).

Die Phylogenie der Moose ist ganz unbekannt, soweit sie sich auf fossile Reste stützt. Dagegen lassen Anatomie und Ontogenie derselben keinen Zweifel darüber, dass sie sich aus niederen Thallophyten und wahrscheinlich aus confervenartigen Archephyten entwickelt haben. Der deutlichen Erhaltung in fossilem Zustande sind die sehr zarten und zerstörbaren, auch meist sehr kleinen Pflanzenkörper nur sehr selten fähig. Auch ihr Wohnort begünstigt dieselbe nicht. Einzelne unbedeutende Reste sind in verschiedenen Tertiär-Gebilden gefunden worden.

Erste Classe der Bryophyten:
Thallobrya. *Lebermoose.*

(Synonym: *Hepatobrya. Hepaticae. Musci hepatici. Thallusmoose.*)

Die Lebermoose vermitteln in ausgezeichneter Weise den Uebergang von den Thallophyten zu den Cormophyten, da die Differenzirung von Stengel und Blatt aus einem nicht differenzirten Thallus innerhalb dieser Classe vor sich geht. Wir können daraus auf die phyletische Abstammung der Cormo-

phyten von einfachen Thallophyten schliessen. Die fossilen Reste dieser Classe sind nur sehr unbedeutend; die ältesten finden sich tertiär: mehrere Arten von *Jungermannites* (*transversus*, *contortus*, *Neesianus*) in eocenem Bernstein; *Marchantites sezannensis* ebenfalls im Eocen.

Zweite Classe der Bryophyten:
Phyllobrya. *Laubmoose.*

(Synonym: *Musci* (sensu strictiori). *Musci frondosi.* *Blattmoose.*)

Die Laubmoose haben bereits sämmtlich wohl differenzirte Stengel- und Blatt-Organe, und sind demnach vollkommene Uebergangsformen von den Thallobryen zu den Pteridophyten, und insbesondere zu den Lepidophyten. Die fossilen Reste der Laubmoose sind ebenso wie die der Lebermoose nur von sehr geringer Bedeutung. Ihre Phylogenie ist fast ganz unbekannt. Die ältesten bekannten Reste finden sich im unteren Tertiär: mehrere Arten von *Muscites* (*apiculatus*, *confertus*, *hirsutissimus*) im eocenen Bernstein; ferner *Muscites Tournalii* im Miocen von Armissan und *Muscites Schimperi* im Pliocen von Parschlug.

Zweiter Cladus der Prothallophyten:
Pteridophyta, H. *Farrn-Pflanzen.*

(Synonym: *Filicinae.* *Cryptogamae vasculares.*)

Die paläontologische Entwickelung dieser Gruppe ist ziemlich vollständig bekannt und von der grössten Bedeutung. Diese Pflanzengruppe bildete in dem ganzen paläolithischen Zeitalter den bei weitem überwiegenden Bestandtheil der gesammten Landvegetation, so dass man dieses Zeitalter eben so gut, wie das Zeitalter der Fische, auch das Zeitalter der Farrn-Pflanzen (Filicinen oder Pteridophyten) nennen könnte. Die Angiospermen (Monocotylen und Dicotylen), welche gegenwärtig ungefähr $^4/_5$ der Artensumme des Pflanzenreichs ausmachen, fehlten damals noch völlig und neben den Pteridophyten kamen von höheren und grösseren Landpflanzen nur noch Gymnospermen vor. Nach einer Angabe von Bronn betrug die bekannte Arten-Zahl sämmtlicher paläolithischen Pflanzen im Jahre 1855 im Ganzen ungefähr Eintausend. Darunter befanden sich 872 Arten von Pteridophyten, 77 Arten von Gymnospermen, 40 Arten von Thallophyten (grösstentheils Florideen, Fucoiden und Ulvaceen) und gegen 20 unsichere Cormophyten (wohl irrthümlich für Monocotylen gehalten). Die gesammten Pteridophyten, welche gegenwärtig noch leben, erscheinen nur als die letzten unbedeutenden Ausläufer jener ausserordentlich mannichfaltig und vollkommen entwickelten paläolithischen Filicinen-Flora. Letztere verhält sich zu ersteren ungefähr ebenso, wie die Ganoiden-Fauna der Primärzeit zur jetzigen. Die echten Farrne sowohl (Filices), als die Schafthalme (Equisetaceen) und Bärlappe (Lycopodiaceen) enthielten damals weit zahlreichere, mannichfaltigere und grossartigere Repräsentanten, als gegenwärtig, und ausserdem hatte sich aus jenen Gruppen noch eine Anzahl von eigenthümlichen Pflanzen-Ordnungen abgezweigt, welche entweder schon gegen Ende der Primärzeit oder wenig später völlig zu Grunde gingen, so namentlich die Calamiten, Asterophylliten, Lepidodendren und Sigillarien. Sehr viele von diesen Pteridophyten waren in Gestalt mächtiger Bäume entwickelt, welche, grossentheils blattlos oder nur mit ganz kleinen und rudimentären Blättern bedeckt, der paläozoischen Flora ein höchst eigenthümliches Aussehen müssen verliehen haben.

Die Stämme dieser baumartigen Filicinen sind es vorzüglich, welche die mächtigen Kohlenflötze der Steinkohlen-Formation zusammensetzen. Neben diesen oft sehr schön erhaltenen Stämmen finden sich noch die Blätter (Wedel) der Farrne, sowie die Früchte anderer Filicinen sehr zahlreich und schön erhalten vor. Zweifelsohne entwickelten sich sämmtliche Pteridophyten aus niederen Cryptogamen, zunächst wahrscheinlich aus Bryophyten, vielleicht auch direct aus niederen Thallophyten. Die erste Generation derselben, welche ein thallusförmiges Prothallium darstellt, beweist dies deutlich [1]). Diese Entwickelung fand höchst wahrscheinlich in der langen Antedevon-Zeit statt, da in den silurischen Schichten die Pteridophyten, wie alle Landpflanzen, noch völlig fehlen, während in den devonischen Schichten sämmtliche Gruppen der Filicinen bereits vertreten sind; doch sind dieselben im Devon noch spärlich gegenüber den colossalen Massen, welche sie in der Steinkohlenzeit bilden. Diejenigen Ordnungen der Filicinen, welche am meisten von den jetzt lebenden abweichen, die Asterophylliten, Lepidodendren und Sigillarien, scheinen unmittelbar nach der Steinkohlenzeit (in der Anteperm-Zeit) ausgestorben zu sein, da sie sich in späteren Schichten nicht mehr finden. Die Calamiten reichen noch bis zum Keuper. Sämmtliche Pteridophyten erreichen in der Steinkohlen-Zeit den Gipfel ihrer Entwickelung. Nur die Classe der Rhizocarpeen ist hiervon ausgeschlossen; doch ist deren Phylogenie überhaupt nur höchst unvollständig bekannt.

Erste Classe der Pteridophyten:
Calamophyta, H. *Hohlschaft-Pflanzen.*

Die Phylogenie dieser Classe, in welcher wir die Equisetaceen, Calamiteen und Asterophylliteen vereinigen, ist durch zahlreiche und sehr merkwürdige paläolithische Reste bekannt. Sie entwickelte sich wahrscheinlich in der Antedevon-Zeit entweder aus moosartigen Pflanzen oder aus niederen Cryptogamen (Thallophyten), und erreichte in der Steinkohlen-Zeit die Höhe ihrer Bildung. Die Asterophylliten starben bald nachher aus, während sich die Calamiten bis zum Keuper, und die Equisetaceen in verkümmerten Zwergformen bis heute fortsetzen. Alle drei Ordnungen scheinen nach dem Bau des hohlen gegliederten und gerippten Stengels, und der quirlförmig die Internodien umstehenden Aeste und Blätter nächstverwandt zu sein. Doch werden die Asterophylliten von Anderen zu den Gymnospermen gezählt.

Erste Ordnung der Calamophyten:
Equisetaceae. *Schafthalme.*

Die heutigen Equisetaceen erscheinen nur als die dürftigen, kümmerl[illegible] erhaltenen Reste der reichen Calamophyten-Flora, welche in der paläoli[illegible]schen Zeit sich entwickelt hatte. Am nächsten verwandt diesen degeneri[illegible] Epigonen sind die mächtigen, baumartig entwickelten *Equisetites*, von de[illegible] sich zahlreiche Arten in fossilem Zustande erhalten haben. Die ältesten ten finden sich im Devon (*E. radiatus*, *Brongniarti*), zahlreichere in Steinkohle, die meisten im Keuper der Trias, einzelne auch noch im [illegible] bis zum Wealden hinauf. Einige Arten des echten *Equisetum*, welches einen schwachen Ausläufer der *Equisetites* darstellt, finden sich tertiär.

[1]) Specielle Schlüsse aus dem Generations-Wechsel der Pteridophyten auf ihre [illegible]logenie sind übrigens sehr schwierig, und nur mit grösster Vorsicht anzustellen, wie z. B. auch von der Metamorphose der Insecten gilt (vergl. unten).

Zweite Ordnung der Calamophyten:

Calamiteae. *Riesenhalme.*

An die Equisetaceen schliessen sich als ihre nächsten Verwandten die *Calamites* an, meist mächtige starke Stämme, den *Equisetites* nahe stehend, gegen 50 Fuss hoch. Die ältesten *Calamites*-Arten finden sich im Devon, die bei weitem grösste Zahl in der Steinkohle, aber auch noch viele Arten im Perm und in der Trias, woselbst sie mit dem Keuper ganz oder grösstentheils aufhören. Einige setzen sich vielleicht auch bis in den unteren Jura hinein fort.

Dritte Ordnung der Calamophyten:

Asterophylliteae. *Sternblatthalme.*

Diese ganz eigenthümliche Pflanzen-Ordnung ist von den Botanikern an sehr verschiedene Stellen des Systems versetzt worden. Vielleicht gehört sie schon zu den Gymnospermen (in die Nähe der *Phyllocladus* unter den Coniferen), vielleicht auch bildet sie eine Zwischenform zwischen Equisetaceen und Coniferen; höchst wahrscheinlich sind sie jedoch den Calamiten und Equisetaceen nächst verwandt, und stellen einen eigenthümlichen Zweig der Calamophyten-Classe dar. Die Asterophylliten sind ausschliesslich auf die Primär-Zeit beschränkt; sie treten zuerst mit wenigen Arten im Devon auf (*Asterophyllites pygmaeus* und *Römeri*) und erreichen eine sehr hohe Entwickelung in der Steinkohle, mit welcher sie erlöschen (*Asterophyllites, Volkmannia, Sphenophyllum, Annularia, Vertebraria* und mehrere andere Gattungen mit sehr zahlreichen Arten).

Zweite Classe der Pteridophyten:

Filices. *Farrne.*

(Synonym: *Geopterides. Filicinae verae.*)

Die echten Farrne oder Farrnkräuter beginnen mit wenigen Arten im Devon und erreichen eine ausserordentlich massenhafte und hohe Entwickelung in der Steinkohlen-Periode, in welcher sie vielleicht den überwiegend grösseren Bestandtheil vieler Wälder bildeten. Die Form der baumartigen Farrnkräuter erreichte hier ihre höchste Entwickelung, um nachher abzunehmen, so dass die jetzt lebenden Baumfarrne nur als einzelne dürftige Reste jener reichen und vielgestaltigen paläolithischen Farrnwälder gelten können. Sowohl Stämme als Blätter (Wedel) sind massenhaft erhalten, aber meist nur unsicher auf einander zu beziehen. Die artenreichsten Gattungen waren *Sphenopteris, Hymenophyllites, Neuropteris, Odontopteris, Cyclopteris, Cyatheites, Alethopteris, Pecopteris* etc. Zu den ältesten devonischen gehören viele Arten *Cyclopteris.* Im Perm sowohl als in der Trias (im bunten Sandstein und Keuper) sind die Baumfarrne noch stark entwickelt, nehmen aber dann sehr rasch ab.

Dritte Classe der Pteridophyten:

Rhizocarpeae. *Wasser-Farrne.*

(Synonym: *Hydropterides. Marsileaceae. Wurzelfrüchter.*)

Die Phylogenie dieser Classe, welche gegenwärtig die Gattungen *Marsilea, Pilularia, Isoetes* etc. umfasst, ist sehr wenig bekannt, viel weniger als diejenige der anderen Filicinen. Als meistens zarte und kleine Süsswas-

ser-Pflanzen sind sie zur fossilen Erhaltung schlecht geeignet. In verschiedenen Schichten des Jura, vom Lias an, werden mehrere Arten von *Baiera*, *Isoetites* und *Pilularites* angegeben. Wahrscheinlich haben sie sich aus gemeinsamer Wurzel mit der folgenden Ordnung entwickelt, und sind als Lepidophyten zu betrachten, welche sich an das Wasserleben angepasst haben.

Vierte Classe der Pteridophyten:
Lepidophyta, H. *Schuppen-Pflanzen.*

Die Phylogenie dieser Classe, in welcher wir die Lycopodiaceen, Lepidodendren und Sigillarien (nebst Stigmarien) vereinigen, ist durch zahlreiche, sehr wichtige und merkwürdige fossile Reste bekannt. Sie entwickelte sich wahrscheinlich gleich der vorigen (und mit ihr vereinigt) in der Antedevon-Zeit aus niederen Cryptogamen, vielleicht zunächst aus Moosen, und erreichte ihre höchste Entwickelung in der Steinkohlen-Zeit, nach welcher ihre hervorragendsten Vertreter, die mächtigen Lepidodendren und Sigillarien, ausstarben. Die heutigen Lycopodiaceen sind nur schwache Reste dieser wichtigen und eigenthümlichen Pflanzenform, welche in der Steinkohlen-Zeit nebst den Farrnen vorzugsweise die sumpfigen Wälder bildete. Die Lepidophyten, und zwar vermuthlich die Lycopodiaceen, sind aller Wahrscheinlichkeit nach diejenigen Pteridophyten, aus denen sich die Gymnospermen und somit alle Anthophyten oder Phanerogamen hervorgebildet haben.

Erste Ordnung der Lepidophyten:
Lycopodiaceae. *Bärlappe.*

Die Lycopodiaceen beginnen im Devon mit zahlreichen Arten von *Knorria* und mit einzelnen Arten von *Lycopodites*, welche Gattung durch zahlreiche Arten in der Steinkohle, durch einzelne auch noch im Keuper und im unteren Jura vertreten ist. Im Lias kommen mehrere Arten von *Psilotites* vor. In mehreren Beziehungen scheinen diese und andere fossile Lycopodiaceen näher den Lepidodendren und zum Theil selbst den Coniferen, als den heutigen Lycopodiaceen gestanden zu haben, und stellen die wahrscheinlichen Stammeltern der Gymnospermen dar.

Zweite Ordnung der Lepidophyten:
Lepidodendraceae. *Schuppenbäume.*

Diese wichtige Ordnung, welche in der Steinkohle mit Stämmen von mehr als funfzig Fuss Höhe mächtige und sehr eigenthümliche Wälder bildete, beginnt mit mehreren Arten von *Sagenaria* und *Aspidiaria* im Devon, und erreicht ihre höchste Ausbildung in der Steinkohle, mit welcher sie aufhört. Die Gattungen *Lepidodendron*, *Ulodendron*, *Sagenaria*, *Bergeria* etc. vertreten sie durch zahlreiche Arten, welche zum Theil sich den Coniferen eng anzuschliessen scheinen. Vielleicht gehören hierher die alten Stammeltern der Coniferen.

Dritte Ordnung der Lepidophyten:
Sigillariaceae. *Siegelbäume.*

Auch diese wichtige Ordnung beginnt gleich der vorigen mit einzelnen Arten im Devon, erreicht dann in der Steinkohle eine äusserst mächtige Entwickelung, und hört mit dieser auf. Die zahlreichsten Arten enthält die

Gattung *Sigillaria*, von welcher wahrscheinlich die als besondere Gattung betrachtete *Stigmaria* nur die Wurzeln bildete. Die Sigillarien bildeten in der Steinkohlen-Zeit an vielen Orten der Erde fast allein ungeheure Wälder, und ihre Stämme setzen oft fast allein ganze Kohlenflötze zusammen. Von Anderen werden die Sigillarien bereits zu den Gymnospermen gerechnet, mit denen sie jedenfalls, gleich den Lepidodendren, sehr nah verwandt sind. Ob aber die Gymnospermen sich unmittelbar aus den Sigillarien, oder aus den Lepidodendren, oder aus den Lycopodiaceen, oder aus einer gemeinsamen, vielleicht nicht einmal unmittelbar zu den Lepidophyten gehörigen Wurzelform entwickelten, muss dahingestellt bleiben.

Zweiter Unterstamm der Cormophyten:
Phanerogamae. *Blüthen-Pflanzen.*

(Synonym: *Anthophyta. Cotyledoneae.*)

Die Phylogenie der Phanerogamen oder cotyledonen Cormophyten lässt sich aus paläontologischen, embryologischen und anatomischen Daten mit Sicherheit dahin feststellen, dass offenbar alle Phanerogamen sich aus den Gefäss-Cryptogamen oder Pteridophyten hervorgebildet haben. Doch gilt dies zunächst wohl nur von der Abtheilung der Gymnospermen (Cycadeen und Coniferen), welche sich in der paläolithischen Zeit, wie es scheint, unmittelbar aus Lepidophyten entwickelt haben. Ob dieser Uebergang gewisser Lepidophyten in die niedersten Gymnospermen schon in der antedevonischen oder in der devonischen, oder erst in der antecarbonischen Zeit stattfand, ist noch unsicher. In der Kohlenzeit waren jedenfalls Gymnospermen schon reichlich entwickelt. Dagegen haben sich die Angiospermen wahrscheinlich erst sehr viel später, nämlich in der Antecreta-Zeit, entwickelt, da sichere Reste von ihnen erst in den Kreide-Schichten auftreten. Zwar werden einzelne Monocotyledonen-Reste schon in der Kohlen-Zeit und von da an aufwärts bis zur Kreide angegeben. Indessen sind diese so zweifelhafter Natur, dass bedeutende Paläontologen sie nicht als solche anerkannt haben. Vielmehr scheinen die ersten Angiospermen, die gemeinsamen Stammformen der Monocotyledonen und Dicotyledonen, erst nach der Jura-Zeit sich von den Gymnospermen, und zwar wahrscheinlich von den Cycadeen, abgezweigt zu haben. Jedenfalls bekräftigt die Phylogenie der Anthophyten den wichtigen Schluss, zu dem auch die Ontogenie und Anatomie führt, dass die Dicotyledonen viel näher mit den Monocotyledonen, als mit den Gymnospermen verwandt sind, und dass es nicht richtig ist, die letzteren, wie noch vielfach jetzt geschieht, mit den Dicotyledonen zu vereinigen und den Monocotyledonen gegenüberzustellen.

Erster Cladus der Phanerogamen:
Gymnospermae. *Nacktsamen-Pflanzen.*

Die paläontologische Entwickelung des Gymnospermen-Cladus, welcher die beiden Classen der Cycadeen und Coniferen umfasst, ist durch zahlreiche fossile Reste bis zur Steinkohlen-Zeit hinauf festgestellt. In den Steinkohlen-Schichten treten bereits die beiden durch ihre Holzstructur und ihren Fruchtbau leicht kenntlichen Classen in deutlich erkenntbaren Resten auf, und es würde demnach zu schliessen sein, dass dieselben in der Antecarbon-Zeit sich von den Pteridophyten abgezweigt haben. Neuerdings scheinen indessen auch im Devon bereits Spuren derselben erkennbar geworden zu sein, und

dann würde man den Zeitpunkt ihrer Entwickelung in der Devon- oder Antedevon-Zeit suchen müssen. Diejenige Filicinen-Gruppe, welche wahrscheinlich als die nächste Stammform der Gymnospermen betrachtet werden muss, sind die Lepidophyten, unter denen sowohl die Lepidodendren und die Lycopodiaceen, als auch die Sigillarien bereits vielfache Anklänge an die Gymnospermen und namentlich an die Coniferen zeigen. Andererseits finden wir auch bei den Asterophylliten mehrfache Hinweise auf die Coniferen, und bei den echten Farrnen (Geopterides) auf die Cycadeen. Selbst die Rhizocarpeen (Hydropterides) zeigen sich den Gymnospermen nahe verwandt. Alles zusammen genommen, ist kein Zweifel daran, dass der Gymnospermen-Ast von dem Pteridophyten-Ast sich abgezweigt hat, während die Frage, welche Ordnung der letzteren hierbei am nächsten betheiligt ist, vorläufig noch offen bleibt.

Erste Classe der Gymnospermen:
Coniferae. *Nadelhölzer.*

Unzweifelhafte Nadelbäume finden sich nicht selten bereits in der Steinkohle, besonders viele Arten der den Araucarien nahe stehenden Gattung *Araucarites* und des diesem nahe verwandten *Pissadendron*, sowie auch einige Arten von *Pinites*. Noch ältere Reste scheinen neuerlich im Devon nachgewiesen zu sein. Eine sehr bedeutende Entwickelung erreicht die Classe in dem bunten Sandstein oder dem Vogesen-Sandstein der Trias, welcher sogar als das Reich der Coniferen κατ' ἐξοχήν bezeichnet werden kann, insofern dieselben hier als der ganz überwiegende Bestandtheil der Wälder auftreten. Besonders sind es mehrere Arten der Gattungen *Voltzia* (*V. heterophylla*, *V. acutifolia*) und *Haidingera* oder *Albertia* (*A. latifolia*, *elliptica*, *Braunii*, *speciosa*), welche hier in grossen Individuen-Massen dichte Nadelwälder bildeten. In der Jura-Zeit treten die Coniferen ganz gegen die Cycadeen zurück, noch mehr in der Kreide. Doch beginnt hier bereits die Entwickelung einer zweiten mächtigen Coniferen-Flora, welche in der Tertiärzeit, besonders im Eocen und Miocen, ihre eigentliche Ausbildung erlangt. Die zahlreichen Coniferen-Arten, welche die Wälder in dieser zweiten Blüthen-Periode der Classe zusammensetzten, sind aber wesentlich verschieden von denen der ersten Blüthen-Periode. In der Steinkohle und Trias waren es vorzüglich Verwandte der Araucarien, welche jetzt vorzugsweise an das Tropenklima gebunden sind. In der Tertiärzeit dagegen überwiegen Verwandte der Abietineen (*Pinites*, *Abietites*), Cupressineen (*Cupressinites*, *Juniperites*, *Thuites*) und Taxineen (*Taxites*). Vorzüglich sind die Gattungen *Pinites* und *Cupressinites* hier durch sehr zahlreiche Arten vertreten.

Zweite Classe der Gymnospermen:
Cycadeae. *Palmenfarrne.*

Die nahe anatomische und embryologische Verwandtschaft der Cycadeen und Coniferen macht es höchst wahrscheinlich, dass sie beide divergente Zweige einer gemeinsamen Gymnospermen-Form sind, welche sich vermuthlich in der devonischen oder antecarbonischen Zeit aus den Lepidophyten oder einer anderen Pteridophyten-Form entwickelt hat. Doch ist die paläontologische Entwickelung des Cycadeen-Zweiges langsamer vor sich gegangen, als die des Coniferen-Zweiges, und er erreicht auch dem entsprechend später, erst im Jura, die Höhe seiner Entwickelung. Die ältesten Cycadeen-Reste finden sich in der Steinkohle, doch nur wenige Arten von *Cycadites*, *Zami-*

tes und *Pterophyllum.* Auch in der Trias (Buntsand und Keuper) sind sie nur spärlich. Dagegen erscheinen die Cycadeen in ausserordentlichen Massen in der Jura-Zeit, in welcher sie eben so überwiegend die Wälder zusammensetzen, wie die Coniferen in der Trias, die Pteridophyten in der Steinkohle. Durch sehr zahlreiche Arten sind hier namentlich die Genera *Nilssonia*, *Pterophyllum* und *Zamites* vertreten. Nach dem Jura sinken die Cycadeen rasch von dieser Höhe herab. In der Kreide finden sich nur noch wenige Arten von *Pterophyllum* und *Zamiostrobus*, im Tertiär einige Arten von *Raumeria*, *Cycadites* und *Zamites*. Die jetzt noch lebenden Cycadeen erscheinen nur als schwache und cataplastische Reste der reichen Cycadeen-Flora, welche in der Jura-Zeit dominirte. Als wenig veränderte Nachkommen der mächtigen Gymnospermen, aus denen sich zunächst die Angiospermen hervorbildeten, sind sie jedoch von hohem Interesse.

Zweiter Cladus der Phanerogamen:
Angiospermae. *Decksamen-Pflanzen.*

Die Phylogenie der Angiospermen beweist uns in Uebereinstimmung mit ihrer Ontogenie und Anatomie, dass diese höchstentwickelte Pflanzengruppe, welche die Hauptmasse der gegenwärtigen Erdflora bildet, erst verhältnissmässig spät aus der Gymnospermen-Gruppe sich entwickelt hat. Wie schon vorher bemerkt, ist es das Wahrscheinlichste, dass die ersten Angiospermen gemeinsame Stammformen der Monocotyledonen und Dicotyledonen waren, und dass dieselben erst in der Antecreta-Zeit von dem Gymnospermen-Aste, und zwar wahrscheinlich von der Cycadeen-Gruppe, sich abzweigten. Allerdings werden in den Petrefacten-Verzeichnissen schon seit langer Zeit eine Anzahl von angeblichen Monocotyledonen-Resten angeführt, die bedeutend älter als die Kreide sein sollen, namentlich Palmenreste aus der Steinkohle. Bronn führt 1855 aus letzterer 20 Arten von Monocotyledonen an, ferner 8 Arten aus der Trias und 25 Arten aus dem Jura. Indessen ist es nach dem Zeugnisse eines der bedeutendsten Paläophytologen (A. Brongniart), welchem auch Bronn später zugestimmt hat, sehr wahrscheinlich, dass diese zweifelhaften und spärlichen Reste nicht von Monocotyledonen herrühren. Ganz sichere und unzweifelhafte, wenn auch spärliche Reste derselben finden sich erst in der Kreide, woselbst auch gleichzeitig die ersten sicheren Dicotyledonen-Reste auftreten. Wir können daraus den wichtigen Schluss ziehen, dass erst in der Antecreta-Zeit, zwischen Jura und Kreide, die Umbildung eines Gymnospermen-Zweigs in die ersten Angiospermen stattgefunden hat. Höchst wahrscheinlich waren es nicht Coniferen, sondern Cycadeen, oder diesen verwandte ausgestorbene Gymnospermen, aus deren Umbildung jene ersten Angiospermen-Formen hervorgingen, die sich dann in Monocotyledonen und Dicotyledonen differenzirten. Ebenso wie uns die Phylogenie der ganzen Angiospermen-Gruppe so einen ausgezeichneten Beweis für das Fortschritts-Gesetz liefert, so thun dies gleicherweise auch die einzelnen Hauptzweige der Gruppe und vorzüglich die verschiedenen Unterclassen der Dicotyledonen-Classe, wie wir sogleich bei dieser zeigen werden. Die Angiospermen-Flora tritt übrigens in der Kreide noch sehr zurück gegen die Gymnospermen und Pteridophyten, und erlangt erst in der Tertiär-Periode die ganz überwiegende Bedeutung, welche sie noch gegenwärtig besitzt. Ganz besonders wichtig ist es, dass die formenreichste und höchstentwickelte Pflanzengruppe der Gegenwart, diejenige der Gamopetalen, erst in der Tertiär-Zeit auftritt. Alle Dicotyledonen der Kreide-Zeit gehören entweder der Polypetalen- oder der Apetalen-Gruppe an.

Erste Classe der Angiospermen:

Monocotyledones. *Einkeimblätterige.*

(Synonym: *Endogenae. Dictyogenae. Amphibrya. Monocotyleae.*)

Die Phylogenie der Monocotyledonen ist weit unvollständiger bekannt, als diejenige der Dicotyledonen. Die Mehrzahl der ersteren ist ihrer Structur nach weit weniger zur Erhaltung in fossilem Zustande befähigt, als die Mehrzahl der letzteren. Ausserdem sind die Laubblätter, welche in weit höherem Maasse als die Blüthenblätter erhaltungsfähig sind, bei den Monocotyledonen höchst einförmig und weit weniger differenzirt, als bei den Dicotyledonen, so dass Abdrücke der Laubblätter von letzteren weit wichtiger und instructiver als von ersteren sind. Endlich ist auch die Differenzirung aller Theile bei den Dicotylen viel weiter als bei den Monocotylen gegangen. Unter den letzteren giebt es keine solchen natürlichen und stark divergenten Unterclassen, wie es die Gruppen der Apetalen, Polypetalen und Gamopetalen sind.

Wenn wir von den oben erwähnten, ganz zweifelhaften, angeblichen Monocotyledonen-Resten in Steinkohle, Trias und Jura absehen, so finden wir die ersten sicheren Spuren derselben in der Kreide, aber auch nur spärlich: mehrere Arten von Palmen (*Flabellaria, Cocites*) und von Seegras oder *Zosterites* (Najadeen); im Ganzen nur etwa ein Dutzend Arten. In der Tertiär-Zeit nehmen die Monocotyledonen allmählich zu und differenziren sich, besonders in den älteren Tertiär-Schichten. Immerhin bleiben auch hier ihre Reste sehr unbedeutend gegenüber denen der Dicotyledonen. Die meisten tertiären Monocotyledonen-Reste gehören Palmen, Pandaneen und Najadeen an. Unter den Palmen ist besonders die Gattung *Flabellaria* sehr artenreich, unter den Pandaneen *Nipadites*. Als andere Palmen werden im Eocen *Palmacites*, im Miocen *Phoenicites* genannt. Unter den tertiären Najadeen sind die Genera *Zosterites*, *Caulinites*, *Ruppia*, *Potamogeton* und andere durch mehrere Arten vertreten. Ausserdem finden sich noch spärliche Reste von Liliaceen, Typhaceen, Gräsern und einigen anderen Familien. Im Ganzen sind jedoch alle diese Spuren nur sehr unbedeutend.

Zweite Classe der Angiospermen:

Dicotyledones. *Zweikeimblätterige.*

(Synonym: *Exogenae. Acramphibrya. Dicotyleae.*)

Die Phylogenie der Dicotyledonen ist, wie bemerkt, ungleich besser bekannt, als diejenige der Monocotyledonen, und liefert zugleich ausgezeichnete Argumente für das Fortschritts-Gesetz. Aus anatomischen und ontogenetischen Gründen zerfällt diese äusserst formenreiche Pflanzengruppe, welche gegenwärtig die Hauptmasse der Vegetation bildet, zunächst in zwei Hauptgruppen: Monochlamydeen und Dichlamydeen. Bei den tiefer stehenden Monochlamydeen ist, gleichwie bei den Monocotyledonen, noch nicht die Differenzirung der Blüthenhülle in Kelch und Krone eingetreten, durch welche sich die Gruppe der Dichlamydeen als die vollkommenste aller Pflanzengruppen auszeichnet. Diese letztere zerfällt selbst wieder in zwei Untergruppen, die Dialypetalen (Polypetalen) und Gamopetalen (Monopetalen). Bei ersteren bleiben die einzelnen Blätter der Blumenkrone getrennt, während sie bei den letzteren zu einem einzigen Organ verwachsen. Nun entwickeln sich zwar im Ganzen die Polypetalen und Gamopetalen jede in ihrer Art selbstständig. Aber dennoch muss aus vielen ontogenetischen und ana-

tomischen, besonders aus promorphologischen Gründen, die gamopetale Form als die vollkommnere gelten. Dieser Schluss wird durch die Phylogenie vollkommen bestätigt, indem die fossilen Gamopetalen ausschliesslich der Tertiär-Zeit angehören, während die Polypetalen und ebenso die Monochlamydeen bereits in der Kreide erscheinen. Wir können hieraus schliessen, dass die Gamopetalen, als die vollkommensten Pflanzen, sich zu allerletzt, erst in dem Zeitraume zwischen Kreide- und Tertiär-Zeit, durch Verwachsung der bis dahin getrennten Blumenblätter aus den Polypetalen entwickelt haben.

Erste Unterclasse der Dicotyledonen:
Monochlamydeae. *Kelchblüthige.*

(Synonym: *Apetala. Dicotyledonen mit homogener Blüthenhülle.*)

Die Phylogenie dieser Unterclasse bestätigt, was übereinstimmend durch die allgemeinen Gesetze der Ontogenie und Anatomie dargethan wird, dass sie die unvollkommenste, weil am wenigsten differenzirte unter allen drei Abtheilungen der Dicotyledonen ist. Durch die mangelnde Differenzirung der Blüthenhülle, deren Blattkreise sich nicht in Kelch und Krone scheiden, stimmt sie noch vollständig mit den Monocotyledonen überein, und zweifelsohne ist es diese Abtheilung der Dicotyledonen, welche sich zuerst und unmittelbar entweder aus den Monocotyledonen selbst, oder aus einer gemeinsamen Stammform der Monocotylen und Dicotylen, während der Antecreta-Zeit entwickelt hat. Zwar erscheinen neben den Monochlamydeen in der Kreide-Zeit auch bereits einzelne Polypetalen, indessen nur sehr spärliche und aus verhältnissmässig tief stehenden Familien. Nur vier Arten Polypetalen sind mit einiger Sicherheit aus der Kreide bekannt, während die Anzahl der sicheren Monochlamydeen-Arten hier mehr als dreissig beträgt. Dieselben gehören grösstentheils zur Gruppe der Cupuliferen oder kätzchentragenden Laubbäume und der Salicineen oder Weiden. Die merkwürdigen Crednerien, welche in der Kreide durch verhältnissmässig viele Arten vertreten werden, sind von zweifelhafter Stellung, vielleicht Ausläufer der gemeinsamen Stammform von Monocotyledonen und Dicotyledonen. Ebenso sind auch andere derartige zweifelhafte Dicotyledonen vielleicht Uebergangsformen. Im Tertiär-Gebirge sind die Monochlamydeen durch sehr zahlreiche (mehr als 600) Arten vertreten, welche grösstentheils unseren gewöhnlichen Waldbäumen aus den Gruppen der Cupuliferen, Salicineen, Ulmaceen, Betulaceen etc. angehören. Auch Myriceen, Plataneen, Laurineen etc. sind durch viele Arten vertreten.

Zweite Unterclasse der Dicotyledonen:
Dichlamydeae. *Kronenblüthige.*

(Synonym: *Coralliflorae. Dicotyledonen mit differenzirter Blüthenhülle.*)

Die Phylogenie dieser Gruppe ist, wie bemerkt, dadurch sehr interessant, dass sie vollkommen das Fortschritts-Gesetz bestätigt. Von den beiden grossen Reihen derselben, Polypetalen und Gamopetalen, tritt die unvollkommnere und niedere Stufe, die Reihe der Polypetalen, zuerst, schon in der Kreide auf, während die vollkommnere und höhere Stufe, die Reihe der Gamopetalen, erst in dem Eocen der Tertiär-Zeit erscheint. Offenbar ist die letztere aus der ersteren in der Anteocen-Zeit oder Zwischenzeit zwischen Kreide- und Tertiär-Zeit durch Verwachsung der ursprünglich getrennten Blumenblätter entstanden.

Erste Legion der Dichlamydeen:
Polypetalae. *Sternblüthige.*
(Synonym: *Dialypetalae. Choristopetalae. Diapetalae.*)

Die Phylogenie dieser Legion beginnt entweder in der Kreide-Zeit oder in der Antecreta-Zeit, in welcher dieselbe sich aus den Monochlamydeen durch Differenzirung der einfachen Blüthenhülle in Kelch und Krone entwickelte. Die ältesten Reste, welche sich in der Kreide finden, sind nur sehr spärlich, darunter eine Wallnuss (*Juglandites minor*); einige davon auch zweifelhaft, wie z. B. *Acerites cretaceus*, *Sedites Rabenhorsti.* Eine bedeutendere Entwickelung erreicht auch diese Reihe, wie die folgende, erst in der Tertiär-Zeit. Hier sind im Eocen vorzüglich Leguminosen, Oenothereen (*Trapa*) und Malvaceen (*Highlea*) bemerkenswerth. Im Miocen finden wir viele Leguminosen, Umbelliferen, Acerineen, Juglandeen, Rhamneen, Anacardiaceen etc. Endlich kommen dazu im Pliocen noch zahlreiche Rosaceen, Pomaceen, Amygdaleen, Celastrineen und viele andere Polypetalen. Die meisten derselben gehören, ebenso wie die meisten Monochlamydeen- und Gamopetalen-Reste, strauchartigen und baumartigen Pflanzen an, deren Theile besser als diejenigen krautartiger Gewächse sich fossil erhalten können.

Zweite Legion der Dichlamydeen:
Gamopetalae. *Glockenblüthige.*
(Synonym: *Monopetalae. Sympetalae.*)

Mit der Phylogenie der Gamopetalen schliesst die paläontologische Entwickelungsgeschichte des Pflanzenreichs in ihren Hauptzügen ab. Wie die Phylogenie den aus ontogenetischen und anatomischen Verhältnissen erschlossenen Satz bestätigt, dass die Gamopetalen vollkommener als die Polypetalen sind, ist schon vorher bewiesen worden. Nach Allem, was wir bis jetzt wissen, ist die grosse Pflanzengruppe der Gamopetalen, zu welcher die vollkommensten aller Pflanzen-Familien, die Synanthereen (Compositen), Labiaten, Primulaceen, Rubiaceen, Gentianeen etc. gehören, die höchst differenzirte und zugleich diejenige, welche zuletzt in der Erdgeschichte auftritt. Sie erscheint erst in der Tertiär-Zeit, und zwar zuerst im Eocen mit einigen Ericaceen (*Dermatophyllites*). Diesen schliessen sich im Miocen einige Rubiaceen (*Steinhauera*) und im Pliocen eine grössere Anzahl von anderen Gamopetalen an. Das Fortschrittsgesetz wird dadurch lediglich bestätigt.

IV. Das natürliche System des Thierreichs.

Weit umfassendere, festere und wichtigere Resultate, als die systematische Genealogie des Protistenreiches und des Pflanzenreiches, liefert uns diejenige des Thierreiches. Wenn wir unter den gesammten Protisten nur mit der grössten Unsicherheit eine Anzahl selbstständiger Phylen erkennen und umschreiben, eine paläontologische Begründung ihres Stammbaumes aber nirgends gehörig durchführen konnten, wenn wir ferner unter den Pflanzen dies nur für den einen Stamm der Cormophyten vermochten, für die übrigen drei bis fünf Stämme aber ganz darauf verzichten mussten, so gelangen wir dagegen im Thier-

reiche mit sehr befriedigender Sicherheit zu der Aufstellung eines genealogischen Systems von fünf deutlich geschiedenen Phylen und vermögen mit Hülfe der Paläontologie, sowie der vergleichenden Anatomie und Embryologie, ihre Phylogenie wenigstens den Grundzügen nach festzustellen.

Wir haben bereits im siebenten Capitel des ersten Bandes die Zahl der thierischen Stämme, die wir gegenwärtig zu unterscheiden vermögen, auf fünf fixirt. Es entsprechen dieselben sechs von den sieben thierischen Typen oder Kreisen, in welche gegenwärtig das Thierreich fast allgemein eingetheilt wird. Unsere fünf Stämme sind: I. Die Wirbelthiere (Vertebrata); II. Die Weichthiere (Mollusca); III. Die Gliederthiere (Articulata); IV. Die Fünfstrahlthiere (Echinodermata) und V. Die Nesselthiere (Coelenterata). In dem Stamme der Gliederthiere oder Articulaten fassen wir die beiden gewöhnlich getrennten Typen der Gliederfüsser (Arthropoda) und der Würmer (Vermes) zusammen, welche wir nicht zu trennen vermögen, und gesellen ihnen ausserdem die Infusorien hinzu, welche wir für die Ausgangsform des ganzen Phylon halten. Die letzteren werden jetzt ziemlich allgemein mit den Rhizopoden, Spongien, Noctiluken und Flagellaten in einem siebenten und letzten „Kreise“, dem der Urthiere oder Protozoen, zusammengefasst. Wir halten diese Abtheilung für keinen natürlichen Stamm, und haben sie daher aufgelöst, indem wir die meisten hierher als „Protozoen-Classen“ gestellten Gruppen in der That für selbstständige „Protisten-Phylen“ halten. Wenn wir dann noch die Infusorien, als unzweifelhafte Thiere, mit den Würmern und dadurch mit den Articulaten vereinigen, so beschränken wir das eigentliche Thierreich auf die fünf genannten Stämme.

Dass die drei Phylen der Vertebraten, Articulaten und Mollusken drei vollkommen selbstständige, natürliche Gruppen sind, deren jede ihren eigenen sogenannten „Organisations-Plan“ besitzt, ist allgemein anerkannt, seitdem im Anfange unseres Jahrhunderts zwei der grössten Zoologen, Bär und Cuvier, gleichzeitig und unabhängig von einander, der erstere durch gedankenvolle vergleichend-embryologische, der letztere durch umfassende vergleichend-anatomische Untersuchungen geleitet, die vier „Typen“ oder „Grundpläne“ oder „Kreise“ des Thierreichs aufstellten. Von dem vierten Typus, den Bär und Cuvier unterschieden, den Radiaten, hat dann zuerst Leuckart 1848 nachgewiesen, dass derselbe in zwei ganz verschiedene Typen, die Echinodermen und Coelenteraten, gespalten werden müsse. Dass nun diese „Typen, Kreise oder Unterreiche“ des Thierreichs (Orbes, Branches, Embranchements) in der That „Phylen oder Stämme“ in unserem Sinne sind, d. h. Einheiten von blutsverwandten Organismen, glauben wir durch ihre ganze paläontologische, embryologische und systematische Entwik-

kelungsgeschichte und die äusserst wichtige dreifache Parallele derselben auf das Bestimmteste nachweisen zu können. Wir halten den einheitlichen Organisations-Typus jedes Kreises, den mystischen „Grundplan“ ihres Baues, einfach für die nothwendige Folge der gemeinsamen Abstammung von einer und derselben Stammform; für eine Folge der Vererbungs-Gesetze.

Wir glauben, dass diese unsere Auffassung der fünf echten thierischen „Typen“ als besonderer „Phylen“ zunächst unter den Anhängern der Descendenz-Theorie am meisten ansprechen und Beifall finden wird. Die Stammbäume, welche wir auf Tafel III—VIII entworfen haben, sprechen für sich selbst. Wir können aber hier nicht verschweigen, dass wir selbst noch einen Schritt weiter über die hier durchgeführte Annahme hinausgehen, und dass wir, je länger und inniger wir die Verwandtschafts-Verhältnisse des Thierreichs durchdacht haben, desto entschiedener zu diesem wichtigen Schritt hingedrängt worden sind — zu der Annahme nämlich, dass auch die fünf thierischen Phylen an ihrer Wurzel zusammenhängen, und dass nicht allein die Vertebraten, Arthropoden und Mollusken, sondern auch die Echinodermen und Coelenteraten, aus dem Würmer-Stamme hervorgegangen sind. Wir würden dann also ebenso für das Thierreich, wie für das Pflanzen-Reich einen einzigen Stamm annehmen, während wir das Protisten-Reich unter allen Umständen für einen Complex von mehreren selbstständigen Stämmen halten. Da wir diese wichtige Frage im XXV. Capitel noch näher erörtern werden, so gehen wir hier ohne Weiteres zur genealogischen Uebersicht der fünf einzelnen thierischen Phylen über.

Erster Stamm des Thierreichs:
Coelenterata. *Nesselthiere.*

(Synonym: *Acalephae. Cnidae. Zoophyta. Nematozoa. Cnidozoa.*)

Die Thiergruppe der Coelenteraten, welche den Acalephen des Aristoteles, den Zoophyten in dem beschränkten Sinne der neueren Autoren entspricht[1]), ist gegenwärtig als ein vollkommen „natürlicher“ und einheitlicher Kreis oder Typus des Thierreichs, als eine selbstständige, eigenthümlich organisirte Hauptgruppe oder ein Unterreich, allgemein anerkannt. In der That stimmen sämmtliche Glieder dieses umfangreichen Thierkreises so vollkommen in den charakteristischen Grundzügen ihrer Organisation überein, dass über ihre wirkliche und nahe Blutsverwandtschaft kein Zweifel herrschen kann und dass wir mit voller Sicherheit ihre gemeinsame Abstammung von einer einzigen Stammform annehmen können. Die sehr eigenthümliche

[1]) Die Acalephen oder Cniden des Aristoteles (αἱ ἀκαλῆφαι, αἱ κνίδαι) entsprechen vollkommen dem Coelenteraten-Stamme, wie Leuckart dessen Umfang und Inhalt festgestellt hat. Aristoteles fasste bereits mit richtigem Instinkte die beiden wesentlich verschiedenen Haupttypen, welche wir unterscheiden, unter jenen Begriff zusammen, nämlich die an Felsen festsitzenden Petracalephen oder Polypen (Actinien) und die frei schwimmenden Nectacalephen (Medusen).

Einrichtung des Gastrovascular-Apparats oder des coelenterischen Gefäss-Systems, die allgemeine Bewaffnung der Haut mit Nesselorganen, der pflanzenähnliche Wachsthums-Modus, das Vorherrschen der homostauren und autopolen Grundform etc. zeichnen die Coelenteraten so bestimmt als einen besonderen Stamm aus, dass sie mit keiner anderen Thiergruppe Berührungen zu haben scheinen. Wir betrachten demgemäss, gestützt vor allen auf die enge anatomische Verwandtschaft aller Coelenteraten, auf die gemeinsamen Charaktere ihrer Ontogenese und auf die Andeutungen ihrer Phylogenese, die ganze Gruppe als einen einzigen natürlichen Stamm, als das niederste Phylon des eigentlichen Thierreichs.

Das Phylon der Coelenteraten ist entweder aus einer einzigen autogonen Moneren-Form als ganz selbstständiger Stamm hervorgegangen, oder es hängt an seinem unteren Stammende mit den tieferen Stufen anderer Gruppen, und zwar höchstwahrscheinlich der Würmer zusammen. Sowohl unter den Infusorien, als unter den niedersten Platyelminthen lassen sich Anknüpfungspunkte für diese Verbindung finden, wie wir im XXV. Capitel zeigen werden.

Ein einziges Coelenterat existirt, welches uns noch von der ungefähren Beschaffenheit der gemeinsamen Stammform aller Coelenteraten eine annähernde Vorstellung zu geben vermag. Dieser uralte, wenig veränderte Typus ist die *Hydra*, nebst *Cordylophora* der einzige Süsswasser-Repräsentant des ganzen Stammes, welcher gleich vielen anderen Süsswasser-Bewohnern, (wegen der einfacheren Verhältnisse des Kampfs ums Dasein im süssen Wasser) seine ursprüngliche einfache Structur nur wenig verändert zu haben scheint. Die *Hydra* spielt in dieser Beziehung unter den Coelenteraten eine ähnliche Rolle, wie *Actinophrys* und *Gromia* unter den Rhizopoden, die Ganoiden unter den Fischen. Sämmtliche anatomische und ontogenetische Verhältnisse der *Hydra* deuten darauf hin, dass sie sich am wenigsten unter allen noch lebenden Coelenteraten von ihrem ursprünglichen gemeinsamen Stammvater entfernt hat, und dass sie als ein nur sehr wenig veränderter, conservativer Nachkomme jener uralten gemeinsamen Stammformen aller Coelenteraten zu betrachten ist, aus denen sich schon in früher archolithischer Zeit alle übrigen hervorgebildet haben, und welche wir als Archydrae zusammenfassen wollen.

Alle uns bekannten Coelenteraten zerfallen in zwei Gruppen, von denen wir glauben, das sie sich schon sehr frühzeitig als zwei selbstständige Hauptäste oder Unterstämme von dem gemeinsamen *Archydra*-Stamme losgelöst und nach zwei divergenten Richtungen hin entwickelt haben. Das eine Subphylum umfasst die alte gemeinsame Stammgruppe der Archydren selbst, und den mächtigen, zunächst von ihm abgelösten Unterstamm, welcher durch die Polypen im engeren Sinne des Worts oder die Corallen (Anthozoa) gebildet wird. Da diese sämmtlich ebenso wie die alten Archydren während des grössten Theiles ihres Lebens (meistens an Felsen) festsitzen, nennen wir das ganze Subphylum „Petracalephen" oder „Haftnesseln". Das andere, frühzeitig von diesem divergirend abgegangene Subphylum umfasst die Gruppe der Medusen oder Quallen in dem weitesten und ältesten Sinne des Wortes, nämlich die Classe der Hydromedusen (mit den Subclassen der Leptomedusen, Trachymedusen und Discomedusen) und die Classe der Ctenophoren, welche offenbar erst später von der Hydromedusen-Classe sich abgezweigt hat. Wir nennen dieses Subphylum „Nectacalephen" oder Schwimmnesseln, weil die meisten Thiere dieser Gruppe sich während der längsten Zeit ihres Lebens frei schwimmend umher bewegen. (Vergl. Taf. III.)

Erstes Subphylum der Coelenteraten:
Petracalephae, H. *Haftnesseln oder Polypen.*

Dieser Unterstamm zerfällt in zwei sehr ungleichwerthige Gruppen, in die Classe der Archydren, von der uns nur noch die *Hydra* und vielleicht auch noch einige nahverwandte marine Hydroidpolypen übrig sind, und in die umfangreiche und vielgestaltige Classe der Corallen oder Anthozoen, welche sich, ebenso wie das Subphylum der Nectacalephen, selbstständig von der Archydren-Wurzel abgezweigt hat. Strenggenommen müssten wir die Nectacalephen und die Anthozoen als die beiden coordinirten Hauptäste des Archydren-Stammes, als Stammäste oder Unterstämme des gemeinsamen ältesten Phylum ansehen, dessen Schattenbild noch gegenwärtig in der *Hydra* lebt. Da wir jedoch von dem ganzen Urstamm so wenig kennen, und die Anpassung an die festsitzende Lebensweise der Archydren sich bei den Corallen constanter erhalten hat, als bei den Nectacalephen, dürfen wir die Corallen mit den Archydren als Petracalephen vereinigt lassen. Sie entsprechen den „an Felsen haftenden" Acalephen des Aristoteles, während die Nectalephen den „weichen und abgelösten, frei schwimmenden Acalephen" desselben correspondiren.

Erste Classe der Petracalephen:
Archydrae, H. *Urpolypen.*

Diese Classe würde die älteste Stammform des Coelenteraten-Stammes und deren Abkömmlinge umfassen, soweit dieselben nicht schon entweder der Anthozoen- oder der Nectalephen-Gruppe angehören. Es würden dahin also alle Coelenteraten der ältesten Primordialzeit, von der Entstehung des Phylum bis zu seiner Spaltung in die Anthozoen- und Nectacalephen-Gruppe, zu rechnen sein. Da uns fossile Reste dieser Urpolypen nicht mit Sicherheit bekannt sind, so können wir auf die Beschaffenheit derselben nur aus den frühesten Entwickelungsstadien ihrer Nachkommen, insbesondere aus den infusorienähnlichen Larven der Anthozoen und Nectacalephen schliessen, und aus den hydraförmigen einfachen Polypen, welche aus diesen zunächst hervorgehen. Als einen sehr wenig veränderten, directen Nachkommen des Archydrenstammes, der für die Coelenteraten eine ähnliche Bedeutung hat, wie *Amphioxus* für die Wirbelthiere, dürfen wir den Süsswasser-Polypen, die echte *Hydra* auffassen. Ausserdem könnten vielleicht noch eine Anzahl von niedrigsten Nectaphalephen hierher gezogen werden, jene unvollkommeneren marinen Hydroid-Polypen nämlich, welche sich zunächst an *Hydra* anschliessen und gleich dieser keine Medusen, sondern ganz einfache Geschlechtskapseln in ihrer Leibeswand erzeugen. Daher könnte ein Theil derjenigen „Hydroid-Polypen", welche gewöhnlich mit den niedersten Hydromedusen (Leptomedusen) vereinigt werden, insbesondere eine Anzahl von Sertulariden und Tubulariden unter die Archydren gestellt werden. Ebenso könnte wohl noch andererseits von den Anthozoen die Tubulosen-Gruppe hierher gerechnet werden, bei welcher die charakteristischen Radial-Septa der übrigen Anthozoen nicht entwickelt sind. Innere Scheidewände, welche die Leibeshöhle in getrennte Fächer theilen, wie jene Radial-Septa der Anthozoen, finden sich auch bereits bei mehreren Hydroid-Polypen vor (*Tubularia*, *Parypha*, *Corymorpha* etc.). Doch sind diese Verhältnisse im Ganzen noch zu unbekannt, um sie hier näher zu erörtern.

Zweite Classe der Petracalephen:
Anthozoa. *Corallen.*

(Synonym: *Coralla. Corallia. Corallaria. Polypi sensu strictiori.*)

Die umfangreiche und vielgestaltige Corallen-Classe ist die einzige Coelenteraten-Gruppe, über deren Phylogenese uns die Paläontologie directe Aufschlüsse giebt. Die sehr ausgedehnte und starke Verkalkung, welche bei einem grossen Theile dieser Thiere statt fand und welche ihre Form und Structur auch am todten Thiere fast vollständig erhielt, hat zur Conservation sehr zahlreicher und werthvoller fossiler Reste derselben geführt, welche uns über die Aufeinanderfolge einzelner Gruppen derselben (jedoch nicht aller!) in der Erdgeschichte sehr bedeutende Aufschlüsse geben. Zweifelsohne haben sich die Corallen aus den Archydren als ein selbstständiger Zweig entwickelt, welcher von dem anderen Hauptzweige der Nectacalephen sich schon in sehr früher Primordialzeit abgelöst hat. Auf die nahe Verwandtschaft beider deuten auch die rudimentären Radialsepta hin, welche bereits bei grösseren Hydroidpolypen (*Tubularia, Corymorpha* etc.) sich finden und als Anfänge der bei den Anthozoen ausgebildeten radialen Scheidewände zwischen Magen- und Leibeswand gelten können. Andrerseits sind diese bei den Tubulosen so unentwickelt, dass wir diese vielleicht noch zu den Archydren rechnen dürfen. Als Eintheilungs-Moment für die verschiedenen Anthozoen-Gruppen benutzen wir in erster Linie die Antimeren-Zahl, welche hier (im Gegensatz zu den Nectacalephen) eine sehr bemerkenswerthe Constanz zeigt. Wahrscheinlich haben sich die Anthozoen nach ihrer Trennung von den Nectacalephen alsbald in zwei Aeste gespalten, bei deren einem sich die Sechszahl, bei dem anderen die Vierzahl der Antimeren frühzeitig fixirt hat, und von dem letzteren haben sich dann diejenigen abgezweigt, bei denen durch constante Verdoppelung der Antimeren die Achtzahl derselben sich befestigt hat. So erhalten wir drei natürliche Gruppen, welche auch in anderer Hinsicht als nächstverwandte erscheinen, und welche wir, nach ihrer bestimmenden homotypischen Grundzahl, die Tetracorallien, Octocorallien und Hexacorallien nennen wollen.

Erste Subclasse der Anthozoen:
Tetracorallia, H. *Vierzählige Corallen.*

Diese Gruppe umfasst diejenigen Corallen, welche sich durch Befestigung der homotypischen Vierzahl am nächsten an die Nectacalephen anschliessen und wahrscheinlich schon sehr frühzeitig von dem gemeinsamen Anthozoen-Stamme abgezweigt haben. Wir vereinigen darin die umfangreiche und sehr alte Abtheilung der stark verkalkten Rugosen mit der eigenthümlichen Gruppe der noch lebenden Cereanthiden, welche wir als einen nicht verkalkten Ausläufer derselben Unterklasse betrachten.

Erste Ordnung der Tetracorallien:
Rugosa. *Furchencorallen.*

Die Rugosen stellen eine sehr eigenthümliche, auf die archolithische und paläolithische Zeit beschränkte Ordnung dar, welche sich aus den Familien der Cystiphylliden, Cyathophylliden, Cyathaxoniden und Stauriden zusammensetzt. Gewöhnlich werden sie mit der Mehrzahl der Hexacorallen in

der Abtheilung der sogenannten Sclerodermata, von Anderen dagegen mit den Hydroidpolypen vereinigt. Indessen sind sie durch die constante Vierzahl der Antimeren, den vollständigen Mangel des Coenenchyms etc. ebenso von den ersteren, wie durch die entwickelte Ausbildung zahlreicher Systeme von starken, radialen Septen von den letzteren entfernt. Schon im Silur zahlreich vertreten, erreichten sie ihre Acme im Devon und haben ihren jüngsten Repräsentanten im Perm, so dass sie ausschliesslich auf die primordiale und primäre Zeit beschränkt bleiben.

Zweite Ordnung der Tetracorallien:
Paranemata. *Cereanthiden.*

Diese kleine Ordnung besteht bloss aus der Familie der Cereanthiden (*Cereanthus* und *Saccanthus*) und wird gewöhnlich mit den sechszähligen Malacodermen vereinigt. Sie unterscheidet sich aber von diesen und von den anderen Hexacorallen sehr wesentlich nicht allein durch die constante Vierzahl der Antimeren, sondern auch durch die ganz eigenthümliche doppelte Tentakelkrone, einen labialen und einen marginalen Kreis von Tentakeln, die in denselben Meridianebenen (nicht alternirend!) stehen. Ebenso sind sie sehr ausgezeichnet durch ihren eigenthümlichen Hermaphroditismus. Wir erblicken daher in den Cereanthiden einen isolirten, sehr alten Ueberrest einer vormals bedeutenden Gruppe, den letzten Ausläufer des sehr früh entwickelten skeletlosen Hauptzweiges der Tetracorallen, von dem die Rugosen sich erst später abgezweigt haben. Da sie keine harten Theile besitzen, sind fossile Reste nicht vorhanden.

Zweite Subclasse der Corallen:
Octocorallia, H. *Achtzählige Corallen.*

Diese Gruppe, welche sehr wahrscheinlich schon in früher Zeit aus den Tetracorallen durch Verdoppelung der vier Antimeren entstanden ist, und durch Befestigung der homotypischen Achtzahl sich von denselben abgezweigt und selbstständig entwickelt hat, umfasst die Alcyonarien oder Octactinoten und die bloss der Primordial-Zeit angehörigen Graptolithen, welche wir als besondere Ordnung neben jene stellen.

Erste Ordnung der Octocorallien:
Graptolithi. *Graptocorallen.*

Die Graptolithen bilden eine sehr eigenthümliche Coelenteraten-Gruppe, welche wir nur aus der Silurzeit kennen. Gewöhnlich werden sie als die nächsten Verwandten der Alcyonarien und namentlich der Pennatuliden betrachtet. Doch ist ihre Stellung noch sehr zweifelhaft. Andere betrachten sie als Hydroidpolypen, welche den Sertulariden am nächsten stehen.

Zweite Ordnung der Octocorallien:
Alcyonaria. *Federcorallen.*

(Synonym: *Octactinia. Monocyclia octarithma.*)

Diese umfangreiche Gruppe umfasst die Familien der Tubiporiden, Alcyoniden, Gorgoniden und Pennatuliden, welche sämmtlich in der constanten Achtzahl der Antimeren, und in der Structur des einfachen Cyclus von acht

platten gefiederten Tentakeln übereinstimmen. Die Phylogenie der Gruppe ist nur sehr unvollständig bekannt, da sie sich wenig zur fossilen Erhaltung in deutlich erkennbarer Form eignet. Man kennt einige Reste schon aus der Primärzeit, welche das hohe Alter der Ordnung beweisen. In allen Formationen bleiben sie aber selten, und fehlen in vielen ganz.

Dritte Subclasse der Anthozoen:

Hexacorallia, H. *Sechszählige Corallen.*

Alle Corallen, welche wir in dieser Ordnung zusammenstellen, stimmen überein in der constanten Sechszahl der Antimeren, welche neben anderen Indicien auf eine nähere Blutsverwandtschaft zwischen denselben, als zwischen ihnen und den Octocorallien und Tetracorallien hinweist. Wir glauben daher, dass die verschiedenen Zweige der Hexacorallien-Gruppe erst nach ihrer Trennung von den vereinigten vierzähligen und achtzähligen Anthozoen sich von einander entfernt haben.

Erste Ordnung der Hexacorallien:

Tubulosa: *Röhrencorallen.*

Diese kleine Gruppe sechszähliger Polypen, welche nur die Familie der Auloporiden, (*Aulopora*, *Pyrgia*) umfasst, scheint uns einen der ältesten Seitenzweige der Anthozoenclasse darzustellen, welcher eigentlich (wegen der nicht entwickelten Septa) kaum dazu gerechnet werden kann, und wahrscheinlich eine Uebergangsform von den Archydren zu den Anthozoen repräsentirt. Sie finden sich nur fossil, und nur in wenigen silurischen und paläolithischen Formen, und scheinen mit der Kohle bereits aufzuhören.

Zweite Ordnung der Hexacorallien:

Tabulata. *Bödencorallen.*

Zu dieser Gruppe gehören die Familien der Favositiden, Milleporiden, Seriatoporiden und Theciden, welche alle die constante Sechszahl der Antimeren und die horizontalen Kelch-Böden gemein haben, sonst aber sich so vielfach unterscheiden, dass sie, falls sie Aeste eines gemeinsamen Zweiges sind, jedenfalls weit divergiren. Ueberhaupt ist ihre Stellung unter den Corallen noch unsicher. Neuerdings sind sie auch zu den Hydroidpolypen unter die Nectacalephen gestellt worden, denen namentlich die Milleporiden sehr nahe zu stehen scheinen. Die Seriatoporiden schliessen sich zunächst an die Syringoporen an, aus denen sie wahrscheinlich hervorgegangen sind. Die ganze Ordnung ist sehr alt und hatte bereits in der Silur-Zeit ihre Acme erreicht. Während der Primärzeit nimmt sie stark ab, und setzt sich nach derselben nur durch einige wenige Repräsentanten fort, von denen einige Pocilloporen, Milleporen und Seriatoporen noch heute leben.

Dritte Ordnung der Hexacorallien:

Cauliculata. *Staudencorallen.*

(Synonym: *Antipatharia. Zoantharia sclerobasica. Monocyclia hexarithma.*)

Diese Ordnung umfasst nur die eine Familie der Antipathiden (*Antipathes*, *Hyalopathes* etc.) und ist, mit Ausnahme des zweifelhaften miocenen *Liopathes*, in fossilem Zustande nicht bekannt. Wegen ihres einfachen Kranzes von sechs Tentakeln und ihrer sonstigen anatomischen Eigenthümlichkeiten

ist die Ordnung an die verschiedensten Stellen des Corallen-Systems versetzt worden. Sie scheint uns ein einzelner sehr alter Zweig des Hexacorallen-Astes zu sein, welcher sich von demselben schon ablöste, ehe die Multiplication der Septa und Tentakeln begonnen hatte, durch welche die meisten übrigen Hexacorallen ausgezeichnet sind.

Vierte Ordnung der Hexacorallien:
Halirhoda, H. *Seerosen.*

Diese Ordnung umfasst die skeletlosen sechszähligen Corallen, welche man gewöhnlich als „Zoantharia malacodermata“ bezeichnet, jedoch nach Ausschluss der Paranemen oder Cereanthiden, welche wir für eine ganz verschiedene und weit entfernte Corallenform halten. Dagegen scheinen uns die Halirhoden mit den Eporosen und Perforaten so nahe verwandt zu sein, dass wir am liebsten diese drei Gruppen als Unterordnungen in einer einzigen Ordnung zusammenstellen möchten, die man „Anthocorallien“ nennen könnte. Wahrscheinlich hat sich diese Ordnung aus Tabulaten hervorgebildet. Von den skeletlosen, sehr weichen Seerosen, welche die Familien der Autactiniden (Actiniden), Phyllactiniden, Thalassanthiden und Zoanthiden umfassen, sind natürlich keine fossilen Reste bekannt.

Fünfte Ordnung der Hexacorallien:
Perforata. *Porencorallen.*

Diese Ordnung, welche in mehrfacher Beziehung, besonders aber durch ihre unvollkommene Skelet-Entwickelung, den Uebergang zwischen den Halirhoden und Eporosen bildet, hat sich wahrscheinlich entweder aus den ersteren oder aus dem einen Zweige der Tabulaten, oder aus einem gemeinsamen Aste mit letzteren hervorgebildet. Gleich der folgenden Ordnung hat sie sich erst spät reichlicher entwickelt. Doch finden sich bereits Vertreter im Silur. Von den beiden hierher gehörigen Familien ist diejenige der Poritiden (die niedere und unvollkommnere, die sich zunächst an die Halirhoden anschliesst) bereits im Silur (durch *Protaraea*) und im Devon (durch *Pleurodictyum*) vertreten. Die andere (höhere und vollkommnere) Familie, die der Madreporiden, beginnt erst (mit *Discopsammia*) in der Weisskreide. Beide werden erst im Tertiär häufiger und sind noch jetzt in Epacme begriffen.

Sechste Ordnung der Hexacorallien:
Eporosa. *Riffcorallen.*

Diese ausserordentlich umfangreiche Gruppe umfasst die höchsten und vollkommensten, und zugleich vorzüglich diejenigen Corallen, welche durch ihre colossalen Stöcke die Corallenriffe bilden. Es gehören hierher die wichtigen und formreichen Familien der Turbinoliden, Oculiniden, Astraeiden und Fungiden. Gleich den vorigen hat sich diese Ordnung erst spät entwickelt. Mit einziger Ausnahme des silurischen *Paläocyclus*, welcher zu den Fungiden gehört, sind sämmtliche Eporosen und Perforaten der secundären, tertiären und quartären Zeit angehörig. In der Trias noch spärlich vertreten, nehmen dieselben im Jura und von da bis zur Jetztzeit mächtig zu, sind also noch in der Epacme begriffen. Wahrscheinlich haben sie sich aus den Perforaten hervorgebildet.

Zweites Subphylum der Coelenteraten:
Nectacalephae, H. *Schwimmnesseln. Medusen.*

In dem zweiten Unterstamm der Acalephen oder Coelenteraten vereinigen wir die Classe der Hydromedusen mit derjenigen der Ctenophoren, welche offenbar nur einen einzelnen, einseitig entwickelten Zweig der letzteren darstellt. Die meisten Repräsentanten dieser Gruppe sind, wenigstens zu gewissen Zeiten, pelagische Schwimmer. Wir sind der Ansicht, dass dieser ganze Unterstamm, ebenso wie die Classe der Corallen oder Anthozoen, sich selbstständig, (also unabhängig von der letzteren,) aus dem Urstamm der Archydren entwickelt hat. Im Gegensatz zu den Corallen sind die meisten Nectacalephen ohne Skelet und haben daher nur seltene und im Ganzen werthlose Spuren ihrer Phylogenie in der Erdrinde hinterlassen. Wir können daher auf ihre phyletische Entwickelung nur aus ihrer Anatomie und Ontogenie schliessen. Doch sind die sich hieraus ergebenden Verwandtschafts-Verhältnisse so äusserst verwickelter Natur, dass wir nur mit sehr grosser Ungewissheit den folgenden Stammbaum aufstellen können.

Erste Classe der Nectacalephen:
Hydromedusae: *Polypenquallen.*

Die äusserst vielgestaltige Hydromedusen-Classe, welche sich zweifelsohne unmittelbar aus den Archydren entwickelt hat, wird gewöhnlich in zwei Subclassen oder Ordnungen eingetheilt: die niederen Hydromedusen oder Craspedota (Synonym: *Cryptocarpae*, *Gymnophthalmata*, *Hydroida*), und die höheren Hydromedusen oder Acraspeda (Synonym: *Phanerocarpae*, *Steganophthalmata*, *Discophora*). Jedoch erscheint es natürlicher, wie es bereits Fritz Müller vorgeschlagen hat, diese sehr verwickelte Gruppe in drei coordinirte Ordnungen oder besser Subclassen zu spalten, deren jede sich relativ unabhängig von der anderen entwickelt hat, obwohl sie an der Wurzel sicher zusammenhängen. Wir benennen diese drei Unterclassen nach der charakteristischen Beschaffenheit ihres Schirms als Leptomedusen, Trachymedusen und Discomedusen.

Erste Subclasse der Hydromedusen:
Leptomedusae, H. *Zartquallen.*

Zu dieser Gruppe würden zunächst die uns unbekannten Coelenteraten zu rechnen sein, welche, unmittelbar aus den Archydren sich hervorbildend, die gemeinsamen Stammformen der ganzen Hydromedusen-Classe wurden und deren nächste Verwandte wir wohl in einem grossen Theile der Hydroid-Polypen zu suchen haben. Ferner rechnen wir hierher die Siphonophoren, und sodann den grössten Theil der sogenannten craspedoten oder cryptocarpen Medusen, jedoch nach Ausschluss der Trachymedusen. Wahrscheinlich hat sich der älteste Leptomedusen-Stamm zunächst in drei Zweige gespalten, nämlich die Siphonophoren, Ocellaten und Vesiculaten, von denen jedoch die beiden letzteren unter sich wieder näher zusammenzuhängen scheinen.

Erste Ordnung der Leptomedusen:
Vesiculata, H. *Randbläschen-Medusen*.

Diese Ordnung umfasst den grössten Theil der sertularienartigen Hydroidpolypen und derjenigen craspedoten oder cryptocarpen Medusen, welche Randbläschen besitzen und welche die Unterordnung der *Sertulariae* im Sinne von Agassiz bilden, jedoch nach Ausschluss der Trachymedusen. Die Genitalien liegen meistens längs der Radiärcanäle. Als charakteristische Typen der Ordnung können die Eucopiden (niederste Form) und Aequoriden (höchste Form) gelten. Ausserdem gehören hierher die Geryonopsiden, Plumulariden, die meisten Campanularien und ein grosser Theil der übrigen Sertulariden und der Thaumantiaden. Es befinden sich in dieser Ordnung die einfachsten und unvollkommensten aller Medusen, welche wir vielleicht als Ausgangspunkte nicht allein für die höheren Vesiculaten, sondern auch für die Trachymedusen und Discomedusen betrachten können. Doch sind die Verwandtschafts-Verhältnisse dieser Gruppe so äusserst verwickelt, dass sich zur Zeit noch nichts Näheres darüber angeben lässt.

Zweite Ordnung der Leptomedusen:
Ocellata, H. *Augenfleck-Medusen*.

Diese Ordnung entspricht im Ganzen (jedoch mit Ausschluss mehrerer Gruppen) der Unterordnung der *Tubulariae* im Sinne von Agassiz, oder der Oceaniden-Familie von Gegenbaur, und umfasst den grössten Theil der tubularienartigen Hydroidpolypen und derjenigen craspedoten oder cryptocarpen Medusen, welche keine Randbläschen, dafür aber Augenflecke als Sinnesorgane besitzen. Die Genitalien liegen meistens in der Magenwand. Es gehören dahin die Familien der Tiariden (Oceaniden oder Nucleiferen), Sarsiaden, Hippocreniden, Cladonemiden und ein grosser Theil der Tubulariden und Thaumantiaden. Wahrscheinlich hat sich diese Ordnung unabhängig von der vorigen aus den Archydren hervorgebildet und hat wahrscheinlich auch den Ausgangspunkt für die Siphonophoren abgegeben.

Dritte Ordnung der Leptomedusen:
Siphonophora. *Schwimmpolypen (Medusenstöcke)*.

Diese Ordnung wird gewöhnlich als eine besondere Hauptabtheilung (etwa äquivalent den Leptomedusen oder Discomedusen) hingestellt. Doch ist der Polymorphismus, welcher diese schwimmenden Medusenstöcke in so hohem Grade auszeichnet, gleicherweise auch schon bei anderen, festsitzenden Hydroidenstöcken, besonders bei den Hydractinien, zu finden, mit denen sie auch sonst eng zusammenhängen. Es scheint daher am passendsten, die Siphonophoren nur als eine Ordnung der Leptomedusen zu betrachten, welche in die Familien der Velelliden, Physaliden, Physophoriden und Calycophoriden zerfällt. Indessen sind diese Familien nicht gleichwerthig und es entfernt sich namentlich diejenige der Velelliden (*Velella*, *Porpita*) weiter von den übrigen, und ist vielleicht besonderen Ursprungs. Die Siphonophoren müssen sich entweder aus den Ocellaten oder direct aus den Archydren hervorgebildet haben.

Zweite Subclasse der Medusen:

Trachymedusae, H. *Starrquallen.*

Diese Gruppe setzt sich aus verschiedenen, offenbar einem gemeinsamen Zweige angehörigen Medusen zusammen, welche bisher theils mit den Craspedoten, theils mit den Acraspeden vereinigt waren. Der gemeinsame Charakter derselben liegt zunächst in einer eigenthümlichen Starrheit und oft fast knorpelartigen Härte des Gallertschirms, welcher auch ihren Bewegungen einen eigenthümlichen Charakter verleiht; diesem entspricht auch eine besondere Entwickelung des Velum, welches meist sehr breit, dick und herabhängend ist. Wie hierdurch mit den Craspedoten, so stimmen sie durch den gelappten Schirmrand mit den Acraspeden überein. Als Ausgangsform der Subclasse betrachten wir die uralten Aeginiden, von denen aus sich die drei Ordnungen der Phyllorchiden, Marsiporchiden und Elasmorchiden abgezweigt haben.

Erste Ordnung der Trachymedusen:

Phyllorchida, H. *Phyllorchiden.*

In dieser Ordnung haben wir bereits früher die beiden Familien der Aeginiden und Geryoniden vereinigt, welche durch die seltsame, von uns entdeckte und als Alloeogenesis beschriebene Form des Generationswechsels so innig zusammenhängen, dass wir sie nicht zu trennen vermögen. Die Aeginiden (*Cunina Aegineta*) betrachten wir als eine ganz alte, sehr wenig veränderte Medusenform, wofür schon die schwankende und nicht befestigte Antimeren-Zahl (ebenso wie bei den Asteriden unter den Echinodermen) den Beweis liefert. Die Geryoniden haben sich zweifelsohne erst aus den Aeginiden entwickelt, ebenso wie wir als einen zweiten Ast dieses Zweiges die Marsiporchiden, und als einen dritten die Elasmorchiden betrachten (vergl. unten S. 93, Anm.).

Zweite Ordnung der Trachymedusen:

Marsiporchida, H. *Marsiporchiden.*

In dieser Ordnung vereinigen wir die eigenthümliche Familie der Trachynemiden (*Trachynema*, *Rhopalonema*) mit derjenigen der Aglauriden (*Aglaura*, *Lessonia*), mit welcher sie uns durch den starren Charakter des fast knorpelartigen Schirms, sowie des eigenthümlichen Velum, die Structur der Tentakeln, der beutelförmig herabhängenden Genitalien und der Randbläschen nächstverwandt zu sein scheint. Wahrscheinlich gehören hierher auch noch andere, bisher in verschiedene Craspedoten-Familien vertheilte Medusen, z. B. *Sminthea*, *Circe* etc.

Dritte Ordnung der Trachymedusen:

Elasmorchida, H. *Elasmorchiden.*

Diese Gruppe umfasst die beiden merkwürdigen Familien der Charybdeiden (*Charybdea periphylla*), und Marsupialiden (*Marsupialis*, *Tamoya*, *Chiropsalmus*, *Bursarius*), welche in mancher Beziehung als die höchstorganisirten Medusen gelten können, aber von den Discomedusen, mit denen sie bisher vereinigt waren, ganz getrennt werden müssen. Am richtigsten hat sie Fritz Müller aufgefasst, welcher sie als einseitig ent-

wickelte und höchst vervollkommnete Ausläufer der Aeginiden-Familie betrachtet. Ob sie unmittelbar von diesen oder von den Marsiporchiden abstammen, erscheint zweifelhaft.

Vierte Ordnung der Trachymedusen: **Calycozoa,** *Haftmedusen.*

(Synonym: *Podactinaria. Lucernarida.*)

Diese scheinbar sehr isolirte Coelenteraten-Gruppe, welche gewöhnlich mit den Corallen vereinigt, oder als eine besondere Classe zwischen diese und die Hydromedusen gestellt wird, scheint sehr eng mit der vorhergehenden Subclasse der Trachymedusen und namentlich mit der Ordnung der Elasmorchiden zusammenzuhängen, aus welcher sie sich wahrscheinlich unmittelbar entwickelt hat. Die Lucernarien sind Medusen und zwar wahrscheinlich Trachymedusen, welche ihre schwimmende Lebensweise aufgegeben und sich festgesetzt haben. Neuerlich sind sie in die beiden Familien der Cleistocarpiden (*Halimocyathus*) und Eleutherocarpiden (*Haliclystus*) gespalten worden. Will man sie als besondere Subclasse aufstellen, so müssen sie ihren Platz zwischen Trachymedusen und Discomedusen erhalten.

Dritte Subclasse der Medusen: Discomedusae, H. *Scheibenquallen.*

(Synonym: *Discophorae, Acraspeda, Phanerocarpae;* pro parte!)

Diese Gruppe entspricht im Ganzen den Acraspeden oder Phanerocarpen, jedoch nach Ausschluss der Charybdeiden. Sie zerfällt in die beiden Ordnungen der Semäostomeen und Rhizostomeen, von denen sich die letzteren aus den ersteren entwickelt haben. Ob die ersteren von den Trachymedusen oder Leptomedusen, oder direct von Archydren abstammen, erscheint zweifelhaft. Doch ist das Letztere das Wahrscheinlichste. Fossile Abdrücke von hierher gehörigen Medusen sind im lithographischen Schiefer des Jura aufgefunden worden, sowohl von Semäostomeen, als von Rhizostomeen.

Erste Ordnung der Discomedusen: **Semaeostomeae.** *Seeflaggen.*

Diese Ordnung umfasst die typischen Discomedusen, welche sich in die drei Familien der Pelagiden (*Nausithoe, Pelagia*), Cyaneiden (*Cyanea, Patera*), Sthenoniden (*Sthenonia, Phacellophora*) und Aureliden (*Aurelia*) spalten. Ihrer Ontogenese nach zu urtheilen, haben sie sich unmittelbar aus Archydren entwickelt, vielleicht jedoch auch (theilweis?) aus Leptomedusen oder Trachymedusen (Aeginiden?).

Zweite Ordnung der Discomedusen: **Rhizostomeae.** *Wurzelquallen.*

Diese Ordnung hat sich erst secundär, durch Verwachsung der Falten des Mundrandes zu Röhren, aus den Semäostomeen hervorgebildet, und zwar sicher lange vor der Jura-Zeit. Denn im lithographischen Schiefer von Solenhofen finden sich ausgezeichnet erhaltene Abdrücke von bereits

völlig entwickelten Rhizostomen vor (*Rhizostomites admirandus* etc.) Die Ordnung spaltet sich in die sechs Familien der Favoniden, Polycloniden, Cepheiden, Cassiopeiden, Leptobrachiden und Rhizostomiden. Sie können als in einseitiger Richtung höchst entwickelte und als die vollkommensten aller Hydromedusen gelten, wie sie auch die absolut grössten Formen der Classe enthalten.

Zweite Classe der Nectacalephen.

Ctenophora. *Kammquallen.*

(Synonym: *Vibrantes. Ciliograda. Jriptera. Beroida.*)

Die Ctenophoren fassen wir, wie bemerkt, als einen einseitigen und in einer einzigen Richtung sehr hoch entwickelten Ausläufer der Hydromedusen-Classe auf, der sich zu dieser ähnlich verhält, wie die Vögel zu den Reptilien. Obwohl die Entwickelungsgeschichte der Ctenophoren noch sehr wenig bekannt ist, so geht doch aus Allem, was wir davon wissen, sowie aus ihrer gesammten Anatomie, mit Sicherheit hervor, dass sie nur einen späten und verhältnismässig kleinen Zweig der Hydromedusen-Classe bilden. Ob sie sich aber aus den Leptomedusen oder aus den Trachymedusen oder aus den Discomedusen herangebildet haben, ist vorläufig noch nicht zu sagen. Doch ist das letztere vielleicht das Wahrscheinlichste und spricht dafür namentlich die auffallende Aehnlichkeit, welche die Larven gewisser Rhizostomiden mit Beroiden haben. Die Classe zerfällt in zwei Subclassen, Eurystomen und Stenostomen, von denen sich die letzteren ebenso aus den ersteren, wie diese aus den Hydromedusen entwickelt haben.

Erste Subclasse der Ctenophoren:

Eurystoma. *Weitmündige Ctenophoren.*

Diese Subclasse umfasst nur die einzige Ordnung der Beroiden oder Eurystomen, welche in die drei Familen der Rangiden, Neisiden und Pandoriden zerfällt. Vor diesen stehen in mancher Beziehung die Rangiden, in anderer die Pandoriden den Discomedusen am nächsten und haben sich wohl unmittelbar von diesen abgezweigt. Jedenfalls sind die Eurystomen die älteren Ctenophoren, welche sich unmittelbar aus den Hydromedusen entwickelt, und aus denen sich erst später die Stenostomen differenzirt haben.

Zweite Subclasse der Ctenophoren:

Stenostoma. *Engmündige Ctenophoren.*

Diese Subclasse umfasst die drei Ordnungen der *Saccatae*, *Lobatae* und *Taeniatae*. Von diesen haben sich zunächst wohl als zwei divergirende Aeste einerseits die Saccaten (Cydippiden, Mertensiden, Callianiriden), andererseits die Lobaten (Euchariden, Calymmiden, Boliniden) aus den Beroiden entwickelt. Entweder aus diesen oder aus jenen hat sich zuletzt die höchst differenzirte Ordnung der Täniaten (*Cestum*) hervorgebildet. Doch sind die Verwandtschafts-Verhältnisse und namentlich die ontogenetischen Beziehungen der verschiedenen Ctenophoren-Gruppen zu verwickelt und noch zu wenig bekannt, als dass wir jetzt schon den Stammbaum derselben näher feststellen könnten. Fossile Reste derselben sind nicht bekannt.

Zweiter Stamm des Thierreichs:
Echinodermata. *Fünfstrahlthiere.*

Alle Echinodermen, welche wir kennen, stimmen in ihrer gesammten Organisation und Entwickelung durch so zahlreiche besondere und auszeichnende Charaktere überein, dass über ihre natürliche Blutsverwandtschaft kein Zweifel bestehen kann. Das ganz eigenthümliche locomotorische Wassergefässsystem oder Ambulacral-System und die ausgezeichnete Form der Verkalkung des Perisoms sind so hervorragende Charaktere, dass man kein Echinoderm mit Thieren eines anderen Stammes verwechseln kann. Dazu kommt noch der eigenthümliche Generationswechsel, die successive Metagenesis, welche nur noch einige Würmer mit ihnen theilen (vergl. unten S. 95, 97). Während die erste Generation aus sehr kleinen und zarten wurmartigen Ammen besteht, die mittelst einer Wimperschnur frei im Meere umherschwimmen, und gleich den Würmern bald eudipleure, bald eutetrapleure Grundform besitzen, erscheint dagegen die zweite Generation sehr viel grösser, stärker und robuster, sitzt fest oder kriecht auf dem Grunde des Meeres umher, und ist fast constant aus fünf Antimeren zusammengesetzt, so dass die Körpergrundform entweder pentactinot oder pentamphipleurisch ist. Die nahe und innige Verwandtschaft, welche alle Echinodermen hierdurch verbindet, ist demgemäss auch so allgemein anerkannt, dass dieser „Typus" des Thierreichs als ebenso „natürlich", d. h. völlig abgeschlossen, wie der der Vetebraten, betrachtet wird, und dass wir bei den Anhängern der Descendenz-Theorie gewiss keinen Widerspruch finden werden, wenn wir alle Echinodermen als blutsverwandte Descendenten einer und derselben Stammform betrachten. Dieser, auf die Anatomie und Ontogenie der Echinodermen gegründete Schluss wird in ausgezeichneter Weise durch die paläontologische Entwickelungsgeschichte bestätigt, deren Verlauf durch so zahlreiche und wohlerhaltene Reste fest bezeichnet ist, dass wir wenigstens bis zur Silurzeit hinauf mit seltener Sicherheit ihren natürlichen Stammbaum reconstruiren können (Taf. IV).

Während so über den genealogischen Zusammenhang aller Echinodermen unter sich kein Zweifel sein kann, ist dagegen die Frage über die successive Entwickelung der verschiedenen Echinodermen-Gruppen aus einer gewissen Stammform, und die Frage nach der Natur dieser hypothetischen Stammform, sowie über ihren eventuellen Zusammenhang mit anderen thierischen Stämmen sehr viel schwieriger. Was die Verwandtschaft mit anderen Phylen betrifft, so gelten noch fast allgemein als die nächsten Verwandten der Echinodermen die Coelenteraten, und selbst Agassiz hat noch neuerdings diese beiden gänzlich verschiedenen Thierstämme in der veralteten und durchaus künstlichen Abtheilung der Radiaten oder Strahlthiere vereinigt erhalten, obschon Leuckart und Johannes Müller längst die völlige Unhaltbarkeit dieser Gruppe dargethan hatten. Mit demselben Rechte, mit dem man Coelenteraten und Echinodermen als Radiaten vereinigt, könnte man auch Vertebraten, Würmer und Mollusken als Dipleure vereinigen. Dagegen zeigen die Echinodermen sehr wichtige und innige, bisher aber meistens gänzlich übersehene Verwandtschafts-Beziehungen zu den Würmern, von denen einige (Nemertiden, Sipunculiden) denselben eigenthümlichen successiven Generationswechsel (S. 97) und

die meisten ein ähnliches „Wassergefässsystem" besitzen. Zwar fungirt dies bei den Würmern nicht als ambulacraler, sondern als excretorischer Apparat, ist aber doch höchstwahrscheinlich dem der Echinodermen wirklich homolog. Die Echinodermen-Larven stehen ausserdem gewissen Würmerlarven so nahe, dass sie früher allgemein für solche gehalten wurden. Der erste Zoologe, der diese sehr wichtigen Verwandtschaftsbeziehungen gehörig gewürdigt hat, ist Huxley, welcher 1864 (l. c. p. 76, 79) auf Grund derselben die Echinodermen mit den Scoleciden (Würmer nach Ausschluss der Anneliden) in dem besondern Typus der *Annuloida* vereinigt hat, wie er andererseits die Anneliden mit den Arthropoden in dem Unterreiche der *Annulosa* zusammenstellt. Doch hat er keine Andeutungen weiter über den etwaigen Ursprung der Echinodermen aus den Scoleciden gegeben.

Nach unserer Ansicht sind die Echinodermen als echte Stöcke oder Cormen von gegliederten Würmern zu betrachten, welche durch innere Knospung oder vielmehr durch fortschreitende Keimknospenbildung (*Polysporogonia progressiva*, S. 53) im Inneren echter Würmer entstanden sind. Wir denken uns diesen Vorgang in ähnlicher Weise, wie die innere Keimbildung in *Ascaris nigrovenosa* oder in den viviparen Larven der Cecidomyien. Wir denken uns, dass eine Anzahl solcher gegliederter Würmer im Inneren ihres Mutterleibes mit ihrem einen Ende durch eine Art Conjugations-Process (Concrescenz) verwachsen sind, und sich an der Verwachsungsstelle in ähnlicher Weise eine gemeinschaftliche Ingestions-Oeffnung gebildet haben, wie die Botrylliden unter den zusammengesetzten Ascidien sich eine gemeinsame Egestionsöffnung geschaffen haben. Diese Hypothese scheint uns sowohl durch die Anatomie der Echinodermen als durch ihre Ontogenie und Phylogenie lediglich bestätigt zu werden. Die zusammengesetzten Augen, welche wir selbst an den Asteriden nachgewiesen haben, kommen ausserdem nur noch bei Descendenten des Articulaten-Stammes vor. Die ausgezeichnete Metameren-Bildung der Echinodermen mit ihrem hoch differenzirten Bewegungs-Apparat (Musculatur und Hautskelet) erinnern gleichfalls an die Articulaten, und vorzugsweise an die Crustaceen.

Jedes Echinodermen-Bion würde nach dieser Vorstellung nicht als eine Person, sondern als ein echter Stock (also als ein morphologisches Individuum sechster, nicht fünfter Ordnung) zu betrachten sein. Jedes Antimer des fünfstrahligen Echinoderms dagegen würde ursprünglich eine Metameren- (nicht Epimeren-!) Kette, eine gegliederte Wurmperson (also ein Form-Individuum fünfter Ordnung) darstellen. Auch die getrennte Entstehung der fünf Antimeren in vielen Echinodermen-Larven, wo sie sich als fünf ganz selbstständige Stücke um den Magen herum anlegen, scheint uns diese Ansicht lediglich zu bestätigen. Der Nervenstrang, welcher in der Mitte jeder Ambulacralfurche verläuft, muss dann dem Bauchmark der Articulaten homolog sein, und der Nervenring, welcher den Mund umgiebt, würde erst eine secundär entstandene Commissur zwischen den ursprünglich getrennten Wurmleibern darstellen.

Wir sind darauf gefasst, unsere Hypothese als einen paradoxen Einfall verspottet zu sehen, und er ist uns selbst anfangs als solcher erschienen. Je mehr wir aber darüber nachgedacht, je intensiver wir die innigen Verwandtschafts-Beziehungen der Echinodermen und der scheinbar so weit davon entfernten Articulaten erwogen haben, desto bestimmter hat sich

in uns die Ueberzeugung von der Richtigkeit jener Vorstellung befestigt. Der paradoxe Generationswechsel der Echinodermen scheint uns in keiner anderen Weise erklärbar. Wenn man aber unsere Hypothese verwirft, so bleibt nichts übrig, als eine gänzlich unbekannte Reihe von älteren, archolithischen Stammformen für die Echinodermen anzunehmen, die sich aus einer eigenen autogonen Moneren-Form völlig selbstständig entwickelt haben.

Vielleicht kann auch die Verwandtschaft der Holothurien mit den Gephyreen (Sipunculiden, Echiuriden), welche schon früher zu einer Vereinigung dieser Würmer mit den Echinodermen geleitet hat, zu Gunsten unserer Hypothese angeführt werden. Wenn diese Hypothese von der Abstammung der Echinodermen von echten Würmern richtig ist, so können wir als die ursprüngliche gemeinsame Stammform der Echinodermen nur Asteriden denken, welche offenbar die ursprüngliche Stockform des Echinoderms am deutlichsten zeigen. Das grösste Gewicht legen wir hierbei auf die wechselnde Antimeren-Zahl der Asteriden, welche dagegen bei allen andern Echinodermen sich bereits auf fünf fixirt hat. Bekanntlich kommen nicht allein unter denjenigen Seestern-Arten, welche gewöhnlich fünf Antimeren besitzen, sehr häufig auch Exemplare mit mehr oder weniger als fünf Antimeren vor; sondern es giebt auch zahlreiche Seestern-Arten, welche ganz constant eine verschiedene, meist grössere und wechselnde Anzahl von Antimeren besitzen (*Solaster papposus* z. B. 11—13, *Asteracanthion tenuispinus* 5—10 (meist 6—8), *A. helianthus* 20—40, *Luidia senegalensis* constant 9, *L. Savignyi* constant 7, *Brisinga endecacnemos* constant 11). Alle anderen Echinodermen dagegen besitzen constant fünf Antimeren. Offenbar hatte sich also die Fünfzahl der Antimeren bereits fixirt, ehe die übrigen Echinodermen sich von dem Urstamme der Seesterne abzweigten. Auch ist bei allen anderen Echinodermen in viel höherem Grade eine mehr oder weniger vollständige Centralisation des Cormus eingetreten, als bei den Asteriden, deren einzelne Antimeren noch sehr vollständig sind, und den ursprünglichen gegliederten Wurmleib noch am deutlichsten erhalten zeigen. Unter den Asteriden selbst sind es die Colastren oder die echten Asteriden im engeren Sinne (*Asteracanthion* oder *Uraster*, *Solaster*, *Archaster* etc.), welche in dieser Beziehung am wenigsten verändert sind, und den ursprünglichen Typus, obwohl in seiner Art sehr hoch vervollkommnet, doch am getreuesten erhalten zeigen.

Die glänzendsten Bestätigungen unserer Hypothese haben die äusserst wichtigen paläontologischen Entdeckungen der jüngsten Zeit geliefert. Während man früher die Asteriden für jüngere, die Crinoiden für die ältesten Vertreter des Echinodermen-Kreises hielt, sind jetzt so zahlreiche und mannichfaltige Asteriden-Reste, (vorzüglich durch Salter) im silurischen Systeme Englands und Nord-Amerikas aufgefunden worden, dass mit Sicherheit daraus hervorgeht, dass die Asteriden-Classe von keiner andern Echinodermen-Classe an Alter übertroffen wird. Und was das Wichtigste ist, diese ältesten silurischen Seesterne sind theils von den heutigen Colastren (insbesondere *Asteracanthion* oder *Uraster*), kaum oder nicht generisch zu unterscheiden, theils entschiedene Zwischenformen sowohl zwischen Colastren und Ophiastren (*Tocastra*) als auch zwischen Colastren und Crinoiden (*Crinastra*). Wir halten demnach die Crinoiden nicht, wie es allgemein geschieht, für die älteste und ursprünglichste Echinodermen-Form, sondern sind vielmehr der Ansicht, dass sich die Crinoiden aus den

Asteriden durch Anpassung an festsitzende Lebensweise (also durch phyletische Rückbildung) entwickelt haben. Die Echiniden scheinen aus den Crinoiden, mit denen sie durch die Palechiniden und Cystideen unmittelbar zusammenhängen, hervorgegangen zu sein, während die Holothurien sich sehr wahrscheinlich aus den Echiniden entwickelt haben. Da wir an einem anderen Orte diese Ansicht ausführlicher begründen werden, so begnügen wir uns hier mit einer kurzen Skizze derselben und einem Hinweis auf den Stammbaum der Tafel IV.

Erste Classe der Echinodermen:
Asterida. *Seesterne.*

(Synonym: *Haliastra*, H. *Asteriae*. *Asteractinota*. *Stellerida*.)

Die Phylogenie der Asteriden eröffnet nach unserer Ansicht diejenige des gesammten Echinodermen-Stammes, da wir diese Gruppe für den Ausgangspunkt des ganzen Phylums halten. Wenn unsere Annahme richtig ist, dass die Echinodermen von den Würmern abstammen, so ist die Asteriden-Classe die einzige, deren Entwickelung in dieser Weise leicht zu denken ist. Die ältesten Seesterne stellten demgemäss echte Würmerstöcke dar, die sich allmählich immer mehr centralisirten. Die Asteriden galten bis vor Kurzem allgemein für eine spätere Echinodermen-Gruppe, die erst mit den Autechiniden gleichzeitig in der Trias zuerst auftreten sollte. Dagegen haben neuere Entdeckungen von der grössten Wichtigkeit nachgewiesen, dass zahlreiche echte Seesterne sich bereits in den ältesten Erdschichten finden, welche überhaupt fossile Echinodermen enthalten, nämlich im unteren Silur, und zwar befinden sich unter diesen Asteriden sowohl echte Colastren, welche von der heute noch lebenden Gattung *Uraster* (*Asteracanthion*) kaum zu unterscheiden sind, als auch sehr eigenthümliche, weder mit den Colastren, noch mit den Ophiastren vereinbare Seesterne, welche gemeinsame Stammformen theils der beiden letzten Ordnungen, theils der Colastren und der Crinoiden darstellen. Wir nennen die letzteren Crinastra, die ersteren Tocastra, und stellen diese beiden ausgestorbenen Ordnungen den vier jetzt noch lebenden Seestern-Gruppen an die Seite.

Erste Ordnung der Asteriden:
Tocastra, H. *Stammsterne.*

In dieser Ordnung fassen wir diejenigen Seesterne zusammen, welche bestimmende Charaktere der Colastren und der Ophiastren in der Weise vereinigt zeigen, dass man sie weder den ersteren noch den letzteren unmittelbar einreihen kann. Vielleicht stellen dieselben die gemeinsamen Stammformen beider Ordnungen dar, und höchst wahrscheinlich die unmittelbaren und wenig veränderten Nachkommen jener archolithischen Seesterne, welche wir als die gemeinsamen Stammväter des gesammten Echinodermen-Stammes ansehen. Der grösste Theil der hierher gehörigen Seesterne (vielleicht alle) findet sich in den Silurschichten, und zwar meistens in den unteren Silurschichten. Die wichtigsten Gattungen sind: *Palaeodiscus*, *Palaeaster*, *Lepidaster*, *Archasterias*, *Aspidosoma*, *Palaeocoma*, *Rhopalocoma* etc. Auch einige Arten von *Protaster* gehören hierher, z. B. *Protaster Miltoni*, welcher gleich *Palaeodiscus* eine ausgezeichnete Zwischenform zwischen den Colastren und Ophiastren ist. Der obersilurische *Lepidaster Grayi* (mit dreizehn Antimeren!) zeigt auch schon Crinoiden-Charaktere. Als ein noch lebender Aus-

läufer dieser wichtigen Asteriden-Ordnung ist vielleicht die merkwürdige *Brisinga hendecacnemos* zu betrachten, welche ebenfalls eine Mischung von Colastren- und Ophiastren-Charakteren darbietet.

Zweite Ordnung der Asteriden:

Colastra, H. *Gliedersterne*.

(Synonym: *Asteriae. Asteriadae. Asterida* sensu strictiori. *Colasteriae*.)

Als Colastra oder Gliedersterne bezeichnen wir die sogenannten „echten Seesterne" oder Asterien, welcher Name aber oft auch auf die ganze Classe ausgedehnt wird. Es gehören also zu den Colastren die Familien der Urasteriden (*Uraster*, *Asteracanthion*, mit 4 Fussreihen und mit After), Solasteriden (mit 2 Fussreihen und mit After, *Solaster*, *Archaster*) und Astropectiniden, mit 2 Fussreihen, ohne After (*Astropecten*, *Luidia*). Die Phylogenie dieser Ordnung ist besonders dadurch höchst interessant, dass von ihr (ebenso wie von *Lingula* unter den Brachiopoden) schon in den ältesten silurischen Schichten Repräsentanten gefunden werden, welche von den jetzt noch lebenden nicht generisch, zum Theil selbst kaum specifisch verschieden zu sein scheinen. Diese haben sich also am wenigsten von allen Echinodermen seit jenen ältesten Zeiten verändert. Am merkwürdigsten in dieser Beziehung ist das Genus *Asteracanthion* (oder *Uraster*), zu welchem der gemeinste lebende Seestern der deutschen Küsten gehört: *A. rubens*. Aus dem unteren Silur sind schon fünf Arten desselben bekannt: *A. obtusus*, *hirudo*, *primaevus*, *Ruthveni* und *matutinus*. Ihnen sehr nahe steht *Tropidaster* aus dem Jura. Im Jura finden sich auch bereits Reste von *Astrogonium*, *Solaster*, in der Kreide von *Oreaster* und *Goniodiscus*. Aber auch die afterlosen Gattungen *Astropecten* und *Luidia* kommen bereits im Jura und der Kreide vor. Wenn nicht zu den Tocastren, würden wir wahrscheinlich zu den Colastren jene ältesten unbekannten Seesterne stellen müssen, welche unmittelbar aus den Würmern entstanden sind (vergl. S. LXIII).

Dritte Ordnung der Asteriden:

Brisingastra, H. *Brisingasterne*.

Diese, in fossilem Zustande nicht bekannte Ordnung wird nur durch die merkwürdige *Brisinga hendecacnemos* gebildet, den seltsamen norwegischen Seestern mit elf Antimeren, welcher in auffallender Weise Charaktere der Colastren und Ophiastren verbindet. Falls derselbe nicht ein Ausläufer der Tocastren-Gruppe ist, müssen wir ihn als eine sehr alte Fortsetzung der verbindenden Uebergangs-Formen von den Colastren zu den Ophiastren ansehen. Da reine Ophiuren-Formen erst in der Trias auftreten, werden sich die Brisingasterne schon vor dieser Zeit von jenen Zwischenformen zwischen vorigen und folgenden abgezweigt haben.

Vierte Ordnung der Asteriden:

Ophiastra, H. *Schlangensterne*.

(Synonym: *Ophiurae. Ophiurida. Ophiasteriae.*)

Die Phylogenie dieser Asteriden-Ordnung ist weniger sicher bekannt, als diejenige der meisten anderen Echinodermen, was wohl mit der geringen Grösse und der ausserordentlichen Zerbrechlichkeit dieser zierlichen Seesterne zusammenhängt. Mit voller Sicherheit kennt man fossile Ophiuren-Reste nur

aus dem Mesolith- und Caenolith-Zeitalter, und es würde daraus zu schliessen sein, dass dieselben erst in der Antetrias-Zeit von ihren Stammeltern, den Tocastren, sich abzweigten. Doch ist es auch möglich, dass diese Differenzirung schon früher erfolgte, da einige silurische Tocastren den echten Ophiastren schon sehr nahe zu stehen scheinen Die ältesten Ophiastren, zu den Gattungen *Acroura*, *Aspidura*, *Aplocoma* gehörig, finden sich im Muschelkalk der Trias. In dem lithographischen Schiefer des Jura finden sich die Genera *Ophiurella*, *Geocoma* und das noch lebende *Ophioderma*. Von da an scheinen sie zugenommen zu haben, obwohl ihre Abdrücke immer noch selten bleiben.

Fünfte Ordnung der Asteriden:
Phytastra, H. *Baumsterne.*

(Synonym: *Euryalae. Euryalida. Astrophyta. Costata. Phytasteriae.*)

Die Phylogenie dieser Seestern-Abtheilung ist am wenigsten von allen bekannt. Von den jetzt lebenden Phytastren (*Asterophyton*, *Euryale*, *Trichaster*, *Asteronyx*) sind keine fossilen Reste bekannt. Dagegen ist die ausgezeichnete fossile Gattung *Saccocoma*, welche gewöhnlich als eine besondere Abtheilung der Crinoiden unter dem Namen *Costata* aufgestellt wird, sehr wahrscheinlich eine fossile *Euryale*, oder doch wenigstens ein Zweig ihrer unmittelbaren Vorfahren. Die Gattung *Saccocoma* (mit 3 Arten) ist bis jetzt nur im lithographischen Schiefer des Jura gefunden worden, woraus zu schliessen wäre, dass die Phytastren sich vor dieser Zeit von den übrigen Asteriden abgezweigt haben. Als ihre unmittelbaren Vorfahren würden entweder Ophiastren oder Tocastren anzusehen sein (vielleicht auch Crinastren, z. B. einige Arten von *Protaster?*).

Sechste Ordnung der Asteriden:
Crinastra, H. *Liliensterne.*

In dieser Gruppe würden wir diejenigen, noch sehr wenig bekannten Seesterne zusammenfassen, welche den unmittelbaren Uebergang zu den Crinoiden und dadurch zugleich zu den übrigen Echinodermen herstellen. Da wir im unteren Silur die Crinoiden bereits entwickelt antreffen, so müssen die eigentlichen Stammformen derselben schon vorher sich von dem gemeinsamen Tocastren-Stamme abgezweigt haben, und es können daher die paläolithischen Crinastren nur als wenig veränderte Ausläufer jener Uebergangsformen angesehen werden. Es gehören hierher einige Arten der Gattung *Protaster* (*P. Sedgwickii* Forbes u. a. aus dem Silur, *P. Arnoldi* aus dem Devon der Eifel), welche von den zu den Tocastren gehörigen Arten derselben Gattung (*Protaster Miltoni* etc.) so sehr verschieden sind, dass wir erstere hier als *Encrinaster* (*E. Sedgwickii*, *E. Arnoldi* etc.) absondern. Auch *Lepidaster* und einige andere Tocastren-Gattungen, welche bereits Crinoiden-Charaktere zeigen, müssen vielleicht später hierher gezogen werden.

Zweite Classe der Echinodermen:
Crinoida. *Seelilien.*

(Synonym: *Halicrina*, H. *Crinoidea. Actinoidea. Crinactinota.*)

Die Phylogenie der Crinoiden lässt sich, wie diejenige der Asteriden und Echiniden, im Ganzen recht gut errathen, obwohl auch hier, wie überall, sich sehr empfindliche Lücken finden. Besonders ist zu bedauern, dass

uns die sämmtlichen archolithischen Crinoiden, welche vor der Silurzeit lebten (abgesehen von einigen unbedeutenden Cystideen-Resten im cambrischen System), so gut wie unbekannt sind. Ihre Kenntniss würde uns die gemeinsame Abstammung aller Crinoiden von den Asteriden enthüllen. In dem unteren Silur, welches die ältesten bekannten deutlichen Echinodermen-Reste enthält, sind bereits die verschiedenen Abtheilungen der Crinoiden, Brachiaten, Cystideen und Blastoideen so reichlich neben einander entwickelt, dass offenbar schon sehr lange Zeit seit ihrer Abzweigung von den Asteriden verflossen sein musste. Dass diese letztere unzweifelhaft ist, glauben wir auf Grund ausgedehnter anatomischer und morphogenetischer Vergleichungen. Die Crinastren bilden bereits den Uebergang von den Asteriden zu den Brachiaten. Aus den letzteren sind wahrscheinlich erst die beiden anderen Abtheilungen: Cystideen und Blastoideen, hervorgegangen.

Erste Subclasse der Crinoiden:
Brachiata. *Armlilien.*

(Synonym: *Autocrina*, H. *Brachiocrina*. *Crinoidea* sensu strictiori.)

Die Phylogenie dieser Subclasse bildet den Ausgangspunkt für diejenige der ganzen Crinoiden-Classe, da sehr wahrscheinlich Brachiaten oder Autocrinen es waren, welche zuerst aus den Asteriden sich entwickelten, und von denen später erst einerseits die Blastoideen, andererseits die Cystideen sich abzweigten. Die fossilen Reste dieser Subclasse sind äusserst zahlreich und mannichfaltig, und gehen von den untersten Silurschichten durch alle Formationen bis zur Jetztzeit hindurch, in welcher sie durch die lebenden *Pentacrinus* und *Comatula* vertreten sind. Die Autocrinen zerfallen in zwei grosse Ordnungen, von denen die eine aus der anderen hervorgegangen ist. Die erste Ordnung, die Phatnocrinen oder Tafel-Lilien, sind fast ausschliesslich paläolithisch (vom Silur bis zum Perm; nur ein einziger Ausläufer derselben (*Marsupites*) reicht bis zur weissen Kreide. Die zweite Ordnung dagegen, die Colocrinen oder Glieder-Lilien, sind ausschliesslich mesolithisch oder caenolithisch, und reichen von der Trias bis jetzt, so dass sie vollständig die primären Phatnocrinen in der Secundär- und Tertiär-Zeit vertreten. Zweifelsohne haben sich daher die vollkommneren Colocrinen aus den unvollkommneren Phatnocrinen in der Antetrias-Zeit entwickelt.

Erste Ordnung der Brachiaten:
Phatnocrina, H. *Tafellilien.*

(Synonym: *Tessellata*. *Tessellocrina*. *Phatnocrinoidea*.)

Diese Ordnung, die umfangreichste der ganzen Crinoiden-Classe, bildet mit sehr zahlreichen Familien, Gattungen und Arten den grössten Theil der mannichfaltigen paläolithischen Crinoiden-Fauna. Sie beginnt schon im unteren Silur, mit Formen, welche sich zum Theil sehr nahe den Crinastren, Phytastren und Tocastren anschliessen (*Rhodocrinus*, *Glyptocrinus*, *Heterocrinus* etc.). Im Obersilur sind *Thysanocrinus*, *Eucalyptocrinus* und *Platycrinus* zu bemerken, im Devon *Cyathocrinus*, *Cupressocrinus*, *Hexacrinus*, in der Kohle *Poteriocrinus*, *Actinocrinus*, *Dichocrinus* etc. Im Perm finden sich nur noch sehr wenige Arten (*Cyathocrinus*). Die ganze Ordnung erreicht in der Kohle ihre höchste Blüthe. Nur ein einzelner Ausläufer setzt sich in die Secundär-Zeit fort, der dem carbonischen *Astylocrinus* nächstverwandte *Marsupites*, welcher mit drei Arten in der weissen Kreide erscheint.

Zweite Ordnung der Brachiaten:
Colocrina, H. *Gliederlilien.*

(Synonym: *Articulata. Arthrocrina. Colocrinoidea.*)

Diese Ordnung ist auf das secundäre und tertiäre, wie die vorige (*Marsupites* ausgenommen) auf das primordiale und primäre Zeitalter beschränkt. Zwar werden auch einige ältere Arten in paläolithischen Schichten angegeben, doch sind diese ganz unsicher. Es ist demnach das Wahrscheinlichste, dass die Colocrinen sich in der Antetrias-Zeit aus den Phatnocrinen entwickelt haben, während die letzteren grösstentheils ausstarben. Die ältesten, mit Sicherheit bekannten Colocrinen bilden die Familie der Encriniden (*Encrinus*, *Flabellocrinus*), welche der Trias ausschliesslich eigenthümlich ist. Daneben finden sich in der Trias auch mehrere Arten *Pentacrinus*. Die höchste Entwickelung erreicht die Ordnung in der Jura-Zeit, wo besonders *Eugeniacrinus*, *Apiocrinus*, *Millerocrinus* und *Pentacrinus* durch sehr zahlreiche Arten vertreten sind. In der Kreide- und in der Tertiär-Zeit nehmen die Colocrinen schnell ab, und sind gegenwärtig nur noch durch *Pentacrinus caput Medusae* und durch die beiden Gattungen *Comatula* und *Alecto* vertreten.

Zweite Subclasse der Crinoiden:
Blastoidea. *Knospen-Lilien.*

(Synonym: *Blastocrina. Blastactinota. Pentremitida. Pentatrematitida.*)

Diese Crinoiden-Gruppe weicht so sehr von den Brachiaten und von den Cystideen ab, dass sie vielleicht am besten als eigene Classe aufgestellt würde. Immerhin steht sie den ersteren näher, als allen anderen Echinodermen-Gruppen. Durch die Bildung der fünf Genitalspalten-Paare nähert sie sich den Ophiuren und Echiniden. Höchstwahrscheinlich hat sich diese alte Subclasse in antesilurischer (also archolithischer) Zeit aus den Phatnocrinen oder aus gemeinsamer Wurzel mit diesen, vielleicht aber auch aus dem Crinastren-Zweige, oder noch tiefer aus der Asteriden-Wurzel heraus entwickelt. Sie erscheint zuerst im oberen Silur mit 3 Arten *Pentremites* (oder *Pentatrematites*). Ihre Zahl nimmt zu im Devon, und besonders im Kohlengebirge, wo sie ihr Maximum (über 40 Arten) und zugleich ihren Schluss erreicht. Das sehr stark amphipleurisch differenzirte Genus *Eleutherocrinus* (im Devon) verdient eine besondere Ordnung zu bilden. Eine Fortsetzung in späterer Zeit scheinen die Blastoideen nicht gehabt zu haben. Wir betrachten sie als einen einseitig entwickelten Seitenzweig der Crinoiden, welcher auf das primordiale und primäre Zeitalter beschränkt bleibt.

Erste Ordnung der Blastoideen:
Elaeacrina, H. *Eläacriniden.*

Diese Gruppe umfasst die eigentlichen Pentremitiden, die Gattungen *Pentremites*, *Codonaster* und *Elaeacrinus*, welche vom oberen Silur bis zur Kohle gehen. Abgesehen von dem excentrischen After, ist die Grundform fast ganz regelmässig pentactinot, nicht amphipleurisch.

Zweite Ordnung der Blastoideen:
Eleutherocrina, H. *Eleutherocriniden.*

Diese merkwürdige Gruppe besteht zwar bis jetzt nur aus einer einzigen devonischen Form, welche aber durch die sehr starke Differenzirung

ihrer Antimeren und die ausgezeichnete Pentamphipleuren-Form, sowie durch andere anatomische Verhältnisse von den Elaeacrinen mindestens eben so sehr abweicht, als die petalostichen von den desmostichen Echiniden. Wir müssen daher dieser weit vollkommneren Form den Rang einer besonderen Ordnung zugestehen.

Dritte Subclasse der Crinoiden:

Cystidea. *Blasen-Lilien.*

(Synonym: *Cystocrina. Pseudocrinida. Sphaeronitida.*)

Auch diese Crinoiden-Gruppe entfernt sich so sehr von den Brachiaten, dass sie als eine eigene Classe angesehen werden kann. Sie ist sehr wichtig als die wahrscheinliche Stammform der Echiniden, welche sie mit den Autocrinen verbindet. Gleich den Blastoideen sind auch die Cystideen auf die archolithische uud paläolithische Zeit beschränkt, haben sich aber wohl in noch früherer Zeit, als letztere, von den Brachiaten oder von den Crinastren abgezweigt. Sie zeigen sich nämlich vereinzelt schon in der cambrischen Formation, und haben im unteren Silur bereits das Maximum ihrer Entwickelung erreicht. Schon im oberen Silur werden sie seltener, und im Devon und der Kohle finden sich nur noch einzelne Arten. Schon im Perm fehlen sie ganz. Wir können zwei Ordnungen unterscheiden, die Agelacrinen und die Echinencrinen.

Erste Ordnung der Cystideen:

Agelacrina, H. *Agelacriniden.*

(Synonym: *Thyroidea. Edrioasterida.*)

Diese neuerlich erst mehr bekannt gewordene Ordnung scheint eine unmittelbare Zwischenform zwischen den Asteriden (vielleicht den Crinastren) und den echten Cystideen herzustellen. Die meisten Arten finden sich im Unter-Silur (*Edriaster*, *Hemicystites*, *Agelacrinus* etc.). Einzelne gehen bis zum Devon hinauf. Es fehlt ihnen der Stiel der echten Cystideen.

Zweite Ordnung der Cystideen:

Echinencrina, H. *Echinencriniden.*

Diese Ordnung, welche die Cystideen im engeren Sinne enthält (*Sphaeronites*, *Caryocystites*, *Echinencrinus*, *Stephanocrinus* etc.), ist ebenfalls im unteren Silur am häufigsten, und hört mit der Kohle auf. Sie scheint Uebergangsformen zu den Palechiniden zu enthalten.

Dritte Classe der Echinodermen:

Echinida. *Seeigel.*

(Synonym: *Halechini*, H. *Echini. Echinoidea. Echinactinota.*)

Die Phylogenie der Seeigel ist am besten von allen Echinodermen bekannt, und liefert uns in ihrer Vollständigkeit viele treffliche Beweise für die Descendenz-Theorie, und besonders für das Fortschritts-Gesetz. Die Echiniden verdanken dieses besondere Interesse dem festen Bau und den deutlichen Formverhältnissen ihrer Kalkschale, welche besser als das Skelet der meisten anderen Echinodermen der vollständigen Erhaltung fähig ist. Vielleicht ist keine andere Abtheilung der Wirbellosen reicher an paläontologi-

schen Beweismitteln für das Progressions-Gesetz, bis auf die einzelnen Familien hinab. Eine sorgfältige Vergleichung der fossilen und lebenden Formen erlaubt es, hier den Stammbaum an vielen einzelnen Zweigen bis zu den Gattungen und Arten hinab festzustellen. Wir behalten die detaillirte Darstellung dieser interessanten Verhältnisse einer anderen Arbeit vor, und beschränken uns hier auf die allgemeinsten Züge. Die Echiniden stellen zweifelsohne die vollkommenste und höchstentwickelte Echinodermen-Classe dar (abgesehen vielleicht von den Holothurien, welche sie in einzelnen Beziehungen übertreffen). Sie erreichen daher ihre höhere Entwickelung erst in späterer Zeit als die Crinoiden und Asteriden, aus denen sie sich hervorgebildet haben. Ihre nächsten Stammeltern sind höchstwahrscheinlich die Cystideen, und zwar die Echinencrinen, mit denen ihre niedersten Formen, die Palechiniden, nächstverwandt sind. Letztere finden sich schon im Silur und bleiben auf die paläolithische Zeit beschränkt. Aus ihnen haben sich erst in der Antetrias-Zeit die höheren Formen entwickelt, die Autechiniden, welche sämmtlich der secundären und tertiären Zeit angehören. Bei allen Autechiniden ist die Kalkschale aus 20 meridianalen Plattenreihen in der Art zusammengesetzt, dass 5 Paare ambulacraler Reihen mit 5 Paaren interambulacraler Reihen abwechseln. Bei den Palechiniden dagegen sind mindestens 3, gewöhnlich 5 — 6 interambulacrale Plattenreihen zwischen je 2 Ambulacralfelder eingeschaltet.

Erste Subclasse der Echiniden:
Palechinida, H. *Vielreihige Seeigel.*

(Synonym: *Tessellata. Perischoechinoidea. Palaechinoidea. Crinechini.*)

Die Unterclasse der Palechiniden umfasst alle paläolithischen Seeigel, da alle Echiniden, welche wir aus dem primären Zeitalter kennen, mehr als 2, meistens 5 — 6 interambulacrale Plattenreihen zwischen je 2 ambulacralen besitzen. Diese Gruppe hat sich zweifelsohne aus den Crinoiden und zwar höchstwahrscheinlich aus der Echinencrinen-Ordnung der Cystideen hervorgebildet. Sie bildet das vermittelnde Zwischenglied zwischen diesen und den Autechiniden. Im Silur beginnend, hört sie nach dem Perm bereits wieder auf. Man kann sie in zwei Ordnungen theilen, die sich sehr wesentlich durch die Bildung der Ambulacralfelder unterscheiden, die Melonitiden und Eocidariden.

Erste Ordnung der Palechiniden:
Melonitida, H. *Melonitiden.*

Diese Gruppe ist bis jetzt nur durch die Gattung *Melonites* vertreten, von der man nur eine Art kennt, *M. multipora* aus dem Kohlenkalk von S. Louis (Missouri). Doch ist dieselbe durch ihre Schalenstructur so sehr ausgezeichnet, dass wir nicht anstehen, auf dieselbe eine besondere Ordnung zu gründen. Während nämlich alle anderen Seeigel, sowohl die Autechiniden, als die Eocidariden, nur 2 Plattenreihen in jedem Ambulacralfelde besitzen, finden sich bei *Melonites* deren nicht weniger als 8 vor. Auch sind die einzelnen Platten meist vierseitig oder sechsseitig, während sie bei allen übrigen meist fünfseitig sind. Da ausserdem in jedem Interambulacralfeld nicht weniger als 7 Plattenreihen vorhanden sind, so erreicht hier die Gesammtzahl der meridianalen Plattenreihen die ausserordentliche Höhe von 75, wovon 40 ambulacral, 35 interambulacral sind. Bei den anderen Palechiniden

erreicht sie höchstens 40. Bei allen Autechiniden sind deren stets nur 20 vorhanden. Die Melonitiden stehen demnach den Cystideen, und namentlich den Echinencrinen noch näher, als die Eocidariden und vermitteln den Uebergang von jenen zu diesen.

Zweite Ordnung der Palechiniden:
Eocidarida, H. *Eocidariden.*

Diese Gruppe umfasst alle Palechiniden mit Ausnahme von *Melonites*. Es sind hier stets nur 2 Plattenreihen in jedem Ambulacrum vorhanden, wie bei den Autechiniden. Dagegen beträgt die Anzahl der Plattenreihen in jedem Interambulacrum mindestens 3, gewöhnlich aber 5—6. Sie bilden also den unmittelbaren Uebergang von den Melonitiden zu den Autechiniden. Die Gruppe beginnt im Silur mit *Protechinus Phillipsiae* (*Palaechinus Phillipsiae* Autorum), ist durch mehrere Arten von *Eocidaris* und *Archaeocidaris* im Devon vertreten und erreicht die Höhe ihrer Entwickelung im Kohlenkalk (viele Arten der Genera *Palaechinus, Archaeocidaris, Eocidaris, Perischodomus, Lepidocentrus* etc.) Die letzten Vertreter finden sich im Perm (*Eocidaris Kaiserlingii*).

Zweite Subclasse der Echiniden:
Autechinida, H. *Zwanzigreihige Seeigel.*

(Synonym: *Euechinoidea. Typica. Echinida* sensu strictiori.)

Die Unterclasse der Autechiniden umfasst sämmtliche mesolithische und cänolithische Seeigel, da alle Echiniden, welche wir aus der Secundär- und Tertiär-Zeit kennen, nur 2 interambulacrale Plattenreihen zwischen je 2 ambulacralen besitzen. Sie sind demnach für diese beiden Zeitalter ebenso ausschliesslich charakteristisch, wie die Palechiniden für das primäre, und vertreten hier vollständig die Stelle der letzteren. Zweifelsohne haben sich demnach die Autechiniden während der Antetrias-Zeit aus den Palechiniden durch Transformation hervorgebildet. Wir zerfällen diese wichtige Subclasse, welche alle sogenannten „echten oder typischen Seeigel" umfasst, in zwei Ordnungen, die sich wesentlich durch die Differenzirung der ambulacralen Plattenreihen unterscheiden. Bei den älteren und unvollkommneren Desmostichen sind die Ambulacra einfach bandartig, bei den jüngeren und vollkommneren Petalostichen dagegen petaloid differenzirt. Erstere beginnen schon in der Trias, letztere erst im Jura.

Erste Ordnung der Autechiniden:
Desmosticha, H. *Autechiniden mit Band-Ambulacren.*

In dieser Ordnung vereinigen wir alle sogenannten „regulären Seeigel" oder Endocyclica (die grosse Familie der Cidariden, sowie die Saleniden und Echinometriden) und einen Theil der sogenannten irregulären oder Exocyclica, nämlich die Familien der Galeritiden, Echinoniden und Dysasteriden. Alle diese Seeigel stimmen überein in dem Mangel der petaloiden Differenzirung der Ambulacra, welche die Petalostichen auszeichnet. Die Ambulacra laufen als einfache, nicht petaloide Bänder vom oralen zum aboralen Pol. Aus diesen und anderen Gründen ist die Gruppe der Desmostichen unvollkommener, als die der Petalostichen. Die ersteren bilden den Uebergang von den Palechiniden zu den Petalostichen. Hiermit stimmt ihre Phylogenie völlig überein.

Die Desmostichen treten bereits in der Trias auf, mit der Familie der angustistellen Cidariden, welche sich wahrscheinlich in der Antetrias-Zeit aus den Eocidariden entwickelt haben.

Erste Familie der Desmostichen:
Goniocidarida, H. *Turban-Igel.*

(Synonym: *Angustistellae.* *Cidarida* sensu strictiori. *Cidarida anguste-stellata.*)

Diese Familie enthält die ältesten und zugleich die regelmässigsten Formen von allen Autechiniden, welche am wenigsten differenzirt sind. Die Pentactinoten-Form ist hier meistens eben so rein, wie bei den Palechiniden erhalten. Sie schliessen sich unmittelbar an letztere an und haben sich jedenfalls aus denselben durch Transformation entwickelt. Sie sind die einzigen Autechiniden der Trias, wenn man von einigen zweifelhaften Arten *Hypodiadema* der folgenden Familie absieht, welche sich in den obersten Trias-Schichten (S. Cassian) finden sollen. Die älteste Gattung von allen Autechiniden ist *Eucidaris* (*Cidaris sensu strictissimo*), welche mit zahlreichen Arten (*E. pentagona*, *venusta*, *subsimilis* etc.) in der Trias von S. Cassian (Keuper) erscheint. Ebenda findet sich auch eine Species von *Hemicidaris*. Die Familie der Angustistellen oder Goniocidariden erreicht die Blüthe ihrer Entwickelung im Jura, wo allein mehr als hundert Arten von *Eucidaris* vorkommen, und sinkt dann allmählich herab bis zur Gegenwart, wo sie nur durch wenige Arten vertreten ist.

Zweite Familie der Desmostichen:
Echinocidarida, H. *Kronen-Igel.*

(Synonym: *Latistellae.* *Echinida* sensu strictissimo. *Cidarida late-stellata.*)

Diese Familie schliesst sich zunächst an die vorige an, mit welcher sie gewöhnlich unter dem vieldeutigen Namen der Cidariden vereinigt wird. Sie hat sich höchst wahrscheinlich aus derselben entwickelt, und ist ihr gegenüber als spätere und vollkommnere Gruppe zu bezeichnen. Wenn man von den oben erwähnten problematischen Arten von *Hypodiadema* aus der Trias absieht, so erscheint diese Familie zum ersten Male im Jura, und zwar in den untersten Schichten desselben. Sie hat sich also sehr wahrscheinlich erst in der Antejura-Zeit (vielleicht schon in der Keuper-Epoche der Trias-Zeit) aus einem Zweige der vorigen Familie hervorgebildet. *Hemicidaris* und die verwandten Formen vermitteln den unmittelbaren Uebergang zwischen Beiden. Auch diese Familie erreicht, gleich der vorigen, ihre Blüthezeit im Jura, wo sehr zahlreiche Arten von *Pseudodiadema*, *Hemipedina*, *Stomechinus* etc. vorkommen. Sie nimmt schon in der Kreide, und noch stärker späterhin bis zur Gegenwart ab.

Dritte Familie der Desmostichen:
Echinometrida. *Quer-Igel.*

Diese Familie (die „Latestellati polypori transversi" Desor's), welche die Genera *Echinometra*, *Podophora* und *Acrocladia* umfasst, und welche sich durch die Verlängerung der lateralen Richtaxe so auffallend vor allen anderen Echiniden auszeichnet, ist in fossilem Zustande nicht bekannt. Sie scheint sich demnach erst in neuerer Zeit von den Echinocidariden, unter denen *Heliocidaris* ihr am nächsten steht, abgezweigt zu haben.

Vierte Familie der Desmostichen:
Salenida. *Höcker-Igel.*

Diese Familie scheint ebenso einen seitlich entwickelten Zweig der Goniocidariden oder Angustistellen zu bilden, wie die vorige einen besonderen, divergenten Seitenzweig der Latistellen darstellt. Sie ist ausschliesslich auf die secundäre Jura- und Kreide-Zeit beschränkt, und umfasst zwei verschiedene Unterfamilien, welche in parentalem Verhältniss zu einander stehen. Die Subfamilie der Acrosaleniden (*Acrosalenia*) umfasst die artenreiche Gruppe der älteren Saleniden, welche ausschliesslich im Jura vorkommen, und sich durch perforirte Stachelhöcker auszeichnen. Die Subfamilie der Hyposaleniden dagegen (*Salenia, Hyposalenia, Peltaster* etc.) begreift die jüngeren Saleniden, welche undurchbohrte Stachelhöcker besitzen, und nur in der Kreide vorkommen. Offenbar sind also die Hyposaleniden ebenso durch Transformation aus den Acrosaleniden, wie diese aus den Goniocidariden hervorgegangen.

Fünfte Familie der Desmostichen:
Galeritida. *Pyramiden-Igel.*

Diese Familie scheint sich ebenso, wie die Familie der Echinometriden, aus den Latistellen oder Echinocidariden entwickelt zu haben. Sie ist auf die beiden secundären Formationen Jura und Kreide beschränkt, in welcher letzteren sie ihre Blüthe erreicht.

Sechste Familie der Desmostichen:
Echinonida. *Nuss-Igel.*

Diese Familie, welche man gewöhnlich mit der vorigen unter dem Namen der Galerideen vereinigt, scheint sich zwar, gleich den echten Galeritiden, ebenfalls von den Latistellen abgezweigt zu haben, aber selbstständig und erst in späterer Zeit. Sie ist in fossilem Zustande nicht bekannt.

Siebente Familie der Desmostichen:
Dysasterida. *Streck-Igel.*

Diese merkwürdige Familie, welche sich durch die räumliche Trennung der beiden aboralen Convergenzpunkte des Bivium und Trivium so auffallend vor allen anderen Echiniden auszeichnet, steht dennoch den Galeritiden sehr nahe und hat sich entweder aus diesen selbst, oder mit ihnen zusammen aus gemeinsamer Wurzel, aus den Latistellen oder Echinocidariden hervorgebildet. Sie beginnt mit der artenreichen Gattung *Collyrites* schon im Lias, erreicht ihre Blüthe im mittleren und oberen Jura, und nimmt in der Kreide bereits wieder ab, mit welcher sie auch aufhört.

Zweite Ordnung der Autechiniden:
Petalosticha, H. *Autechiniden mit Blatt-Ambulacren.*

In dieser Ordnung fassen wir alle diejenigen „irregulären" Seeigel oder Exocyclica zusammen, welche sich durch petaloid differenzirte Ambulacra (blumenblattförmige Ambulacralkiemen) auszeichnen. Offenbar ist diese morphologische und physiologische Differenzirung ein Akt der Vervollkommnung, und dem entsprechend sehen wir diese höchst entwickelte Echiniden-Gruppe

erst durch progressive Transformation eines Seitenzweiges der Desmostichen sich entwickeln, und erst in späterer Zeit, als die letzteren ihre Blüthezeit erreichen. Erst in der Jura-Zeit zweigen sie sich von den Desmostichen ab, aus welchen sie zweifelsohne durch Transmutation hervorgegangen sind.

Erste Familie der Petalostichen:
Cassidulida. *Helm-Igel.*

Die Cassiduliden sind von allen Petalostichen die ältesten, indem sie bereits im Jura erscheinen, während die anderen alle erst in der Kreide auftreten. Da sie zugleich in anatomischer Hinsicht den Desmostichen näher stehen, so dürfen wir wohl mit Sicherheit annehmen, dass sie zuerst von allen Petalostichen sich aus den Desmostichen hervorgebildet haben. Da unter den letzteren die Galeritiden ihnen am nächsten stehen, so haben sie sich vermuthlich aus diesen in der früheren Jura-Zeit oder in der Antejura-Zeit entwickelt. Die Cassiduliden-Familie zerfällt in drei Subfamilien, von denen diejenige der Echinanthiden, als die älteste, den Ausgangspunkt bildet. Sie tritt mit vielen Arten von *Clypeus* und *Echinobrissus* bereits im unteren Jura auf, erreicht in der Kreide eine sehr starke Entwickelung, und sinkt im Eocen schon wieder herab. Die beiden anderen Subfamilien sind nur unbedeutende Seitenzweige, welche in der Kreide-Zeit von den Echinanthiden sich abzweigen. Die seltsame und spärliche Subfamilie der Claviastriden, ein gleichsam monströs degenerirter Seitenzweig, bleibt auf die Kreide beschränkt, während die andere Subfamilie, die der Caratomiden, noch mit einigen Ausläufern in die Eocen-Zeit hineinreicht.

Zweite Familie der Petalostichen:
Spatangida. *Herz-Igel.*

Diese umfangreiche und vielgestaltige Echiniden-Gruppe wird gewöhnlich als die vollkommenste von allen angesehen, und in vielen Beziehungen ist sie zweifelsohne am höchsten differenzirt. In anderen Beziehungen dagegen scheinen uns die Clypeastriden vollkommener zu sein, und hiermit stimmt auch ihre Phylogenie überein. Die Spatangiden treten mit sehr zahlreichen Arten bereits in der Kreide auf und scheinen gegen Ende der Kreide-Zeit bereits die Höhe ihrer Entwickelung erreicht zu haben, während allerdings die am höchsten differenzirten Formen derselben erst in der Jetztzeit zu ihrer vollen Blüthe zu gelangen scheinen. Die Familie zerfällt in zwei Subfamilien, die Ananchytiden und Brissiden, von denen die erstere auf die Kreide-Zeit beschränkt ist. Die Ananchytiden scheinen sich in der Antecreta-Zeit, wahrscheinlich durch Transformation eines Cassiduliden-Zweiges, vielleicht jedoch auch direct aus den Galeritiden (oder Dysasteriden?) entwickelt zu haben. Die Spatangiden im engeren Sinne, oder die Brissiden, dagegen sind erst aus den Ananchytiden, vielleicht auch aus gemeinsamer Wurzel mit ihnen, entsprungen.

Dritte Familie der Petalostichen:
Clypeastrida. *Schild-Igel.*

In vielen Beziehungen steht diese Familie, wie bemerkt, an der Spitze der ganzen Echiniden-Classe, vorzüglich durch die ausserordentliche Entwickelung der petaloiden Ambulacren, welche hier allein die Interambulacra oft so bedeutend an Breite übertreffen, dass diese nur als schmale Bänder zwi-

schen ihnen erscheinen. Auch durch sehr beträchtliche Körpergrösse, Differenzirung der inneren Organe und eigenthümliche Ausbildung der äusseren Körperform übertreffen viele Clypeastriden (am meisten die Mellitiden und Euclypeastriden) so sehr die übrigen Echiniden, dass wir sie als die höchst entwickelte Gruppe ansehen, wenngleich sie in anderer Beziehung hinter den Spatangiden zurücksteht. Dafür spricht auch ihre Phylogenie. Denn die Clypeastriden-Familie ist die jüngste von allen Echiniden, und fast ausschliesslich tertiär, mit Ausnahme von ein Paar *Echinocyamus*-Arten aus der oberen Kreide. Sie haben sich also erst in dieser Zeit von den übrigen Petalostichen abgezweigt, und zwar höchst wahrscheinlich von den Cassiduliden, so dass wir Clypeastriden und Spatangiden als zwei selbstständige divergente Seitenzweige der Cassiduliden zu betrachten haben. Die Clypeastriden-Familie zerfällt in drei Subfamilien. Von diesen ist diejenige der Laganiden die älteste und der eigentliche Stamm der Familie, welcher sich direct aus den Cassiduliden hervorgebildet hat. Zu ihr gehört die einzige Clypeastriden-Gattung der Secundär-Zeit (*Echinocyamus* aus der oberen Kreide). Diese Stamm-Gruppe erreicht schon in der Eocen-Zeit ihre höchste Blüthe und sinkt dann herab. Dagegen erreichen die beiden anderen Subfamilien, Euclypeastriden und Scutelliden, welche aus den Laganiden erst in der Tertiär-Zeit hervorgegangen sind, erst in der Gegenwart ihre volle Entwickelung. Zuerst scheint sich von den Laganiden die Subfamilie der Euclypeastriden (*Clypeaster*) in der Eocen-Zeit abgezweigt zu haben, worauf aus dieser sich die Subfamilie der Scutelliden oder Mellitiden (*Encope*, *Rotula*) entwickelte, die erst im Miocen beginnt.

Vierte Classe der Echinodermen:
Holothuriae. *Seewalzen.*

(Synonym: *Haliposthae*, H. *Scytodermata*. *Scytactinota*.)

Im Gegensatze zu allen übrigen Echinodermen, deren mehr oder minder vollständig verkalktes und zusammenhängendes Hautskelet meistens der Erhaltung in fossilem Zustande ausgezeichnet fähig ist, besitzen die Holothurien nur einzelne zerstreute Kalkkörperchen in der Haut, welche zwar einzeln wohl der Erhaltung fähig, aber theils wegen ihrer sehr geringen (meist mikroskopischen) Grösse schwer zu entdecken, theils nicht im Stande sind, nähere Auskunft über die Beschaffenheit des ganzen Körpers zu geben; die ältesten derartigen Kalkkörperchen, den bekannten Kalk-Ankerchen der Synapten sehr ähnlich, sind in den Bayreuther Scyphien-Kalken des Jura gefunden worden (*Synapta Sieboldii*). Die Paläontologie wird uns also niemals über die Phylogenie der Holothurien belehren.

Aber auch die sonstigen Verwandtschafts-Verhältnisse der Holothurien, soweit wir dieselben durch die vergleichende Anatomie und durch die Ontogenie ermitteln können, sind uns nur sehr unvollständig bekannt, und wir können nicht wagen, einen Stammbaum derselben zu entwerfen. Gewöhnlich wird die Holothurien-Classe in die beiden Ordnungen der fusslosen (Apodia) und der wasserfüssigen (Eupodia) gespalten. Zu den Apodia gehören zwei sehr verschiedene Familien: 1. Synaptida (*Synapta*, *Chirodota*); 2. Liodermatida (*Lioderma*, *Molpadia*). Die Ordnung der Eupodia umfasst ebenfalls zwei Familien: 1) Aspidochirota (*Aspidochir*, *Mülleria*, *Thelenota* [*Holothuria*], *Bohadschia*); 2) Dendrochirota (*Pentacta*, *Psolus*, *Cuvieria*). Die beiden letzteren Familien sind wahrscheinlich divergirende

Zweige eines gemeinsamen Eupodien-Astes; doch sind die Verwandtschafts-Beziehungen aller verschiedenen Holothurien-Gruppen zu einander so verwickelt und noch so wenig bekannt, dass wir dieselben hier nicht in der Weise wie die der übrigen Echinodermen systematisiren können.

Unter den übrigen Echinodermen scheinen uns die Echiniden den Holothurien am nächsten verwandt zu sein, und wir vermuthen demnach, dass sich die letzteren aus einem Zweige der ersteren hervorgebildet haben. Sobald das Hautskelet der Echiniden weich wird, sobald die Kalkablagerung bloss zur Bildung isolirter Stückchen zurückgeführt wird, kann man sich ohne Schwierigkeit den Uebergang eines Echiniden in eine Holothurie vorstellen. Wahrscheinlich erfolgte derselbe erst im Beginn der Secundär-Zeit, als die Autechiniden sich von den Palechiniden abzweigten.

Dritter Stamm des Thierreichs:

Articulata. *Gliederthiere.*

Den Stamm der Articulaten behalten wir, geringe Modificationen abgerechnet, in fast demselben Umfange bei, in welchem Bär und Cuvier denselben aufgestellt haben. Er umfasst die beiden mächtigen Subphylen der Würmer (*Vermes*) und der Gliederfüsser (*Arthropoda*), welche gegenwärtig fast allgemein als zwei getrennte Typen oder Unterreiche aufgeführt werden und als solche zwei selbstständigen Phylen entsprechen würden. Indessen stellen nach unserer Ansicht die Arthropoden, welche sich nur durch die stärkere Differenzirung (Heteronomie) der Metameren (Rumpf-Segmente), und die Gliederung der an denselben befindlichen Extremitäten unterscheiden, nur einen höher entwickelten Zweig des Würmerstammes dar. Die gesammte Organisation beider Subphylen stimmt im Uebrigen so vollständig überein, dass wir dieselben nicht zu trennen vermögen.

Als ein drittes Subphylum des Articulaten-Stammes schliessen wir den vereinigten Würmern und Arthropoden die Classe der echten Infusorien an, welche wir allein von allen Gliedern des aufgelösten Protozoen-Kreises für echte Thiere halten können. Wir betrachten die Infusorien als überlebende Reste der alten gemeinsamen Stammform der Articulaten, und zwar scheinen sich aus denselben zunächst die Strudelwürmer oder Turbellarien entwickelt zu haben, aus deren Differenzirung dann weiter die übrigen Würmer hervorgegangen sind.

Wie wir im fünfundzwanzigsten Capitel besonders erörtern werden, müssen wir für den Fall, dass wir eine gemeinsame Wurzel aller thierischen Stämme, d. h. ihre Abstammung von einer gemeinschaftlichen Stammform, annehmen, in der Würmer-Gruppe diese Stammform suchen. Auf Tafel I ist im Felde g h y n die eventuelle Form dieses Zusammenhanges dargestellt. Falls wir nicht für jeden der vier übrigen Stämme eine besondere autogone Moneren-Form als Ausgangspunkt annehmen, erscheint es am natürlichsten, letzteren in den niederen Würmern, und zwar entweder unter den Strudelwürmern oder unter den Infusorien zu suchen.

Die Verwandtschafts-Verhältnisse des Articulaten-Stammes, und vorzüglich des Subphylum der Würmer, sind die complicirtesten von allen thierischen Stämmen, selbst von jenem möglichen genealogischen Zusammenhange mit den übrigen Thierstämmen abgesehen. Die meisten Aufschlüsse liefert uns noch die vergleichende Anatomie. Dagegen kennen wir die Ontogenie der meisten Articulaten erst sehr unvollständig; und die Paläontologie besitzt

nur von den hartschaligen und wasserbewohnenden Crustaceen zahlreichere Reste, von den übrigen, meistens landbewohnenden Arthropoden nur verhältnissmässig sehr wenige und unbedeutende, von der ungeheuren Masse der Würmer und Infusorien wegen ihrer weichen und zerstörbaren Leibesbeschaffenheit fast gar keine nennenswerthen und kenntlichen Reste. Wir können aus diesen Gründen hier nur die allgemeinsten und flüchtigsten Umrisse des Stammbaums der Articulaten skizziren, und müssen den besten Theil dieser eben so interessanten als schwierigen Aufgabe der besser unterrichteten Zukunft überlassen. Den autogonen Moneren, welche den Infusorien den Ursprung gegeben haben müssen, nächstverwandte Formen sind vielleicht noch heute unter den Moneren des Protistenreichs zu finden, ebenso wie vielleicht weitere Entwickelungs-Stadien derselben unter den Protoplasten und Flagellaten, die bereits zu den Infusorien hinüber zu leiten scheinen.

Erstes Subphylum des Articulaten-Stammes:
Infusoria. *Infusionsthierchen.*

Der Unterstamm der Infusorien, wie wir denselben hier als Ausgangsgruppe des Articulaten-Stammes betrachten, umfasst bloss die beiden Classen der Ciliaten (Wimper-Infusorien) und der Suctorien (Acineten). Diese beiden Classen, welche in ihrer Metaplase so weit auseinander gehen, scheinen doch durch ihre Ontogenese auf das Innigste zusammenzuhängen. Sowohl die Ciliaten als die Acineten scheinen sich nach den neueren Untersuchungen durch acinetenähnliche Larven oder sogenannte „Schwärmsprösslinge“ fortzupflanzen, die in beiden Classen nicht zu unterscheiden sind. Sie tragen Saugröhren wie die festsitzenden Acineten, und schwimmen mittelst eines Wimperkleides umher wie die Ciliaten. Diese gemeinsamen Jugendformen scheinen uns unzweifelhaft (zwar keinen ontogenetischen! wohl aber) einen phylogenetischen Zusammenhang zu beweisen. Wir betrachten Infusorien, welche zeitlebens in der Form der bewimperten actinetenartigen Larven verharrten, als die uralten Stammeltern aller Infusorien (und somit aller Articulaten), und nehmen an, dass sich die beiden Classen der Acineten und Ciliaten als zwei divergente Zweige aus denselben entwickelten; die Acineten verloren durch Anpassung an festsitzende Lebensweise die Wimpern der Larven und behielten die Saugröhren; die Ciliaten umgekehrt behielten die Wimpern und verloren die Saugröhren. Was den tieferen Ursprung der Gruppe anbelangt, so sind die alten Urahnen, welche die Brücke zwischen der autogonen Moneren-Form des Articulaten-Stammes (und somit vielleicht des ganzen Thierreichs) und den bewimperten Acineten-Larven herstellen, vielleicht noch heute in Protisten des Flagellaten- oder des Protoplasten-Stammes zu finden.

Erste Classe der Infusorien:
Ciliata. *Wimper-Infusorien.*

Von den vier Ordnungen, in welche diese Classe gegenwärtig gewöhnlich zerfällt wird, scheinen uns die Holotricha (*Glaucoma*, *Opalina*, *Paramecium*, *Nassula* etc.) die älteste und am wenigsten differenzirte Gruppe zu bilden, aus denen sich die drei anderen Ordnungen erst durch Differenzirung des Wimperkleides hervorgebildet haben. Diese drei Ordnungen sind die [illegible]tricha (*Bursaria*, *Stentor*, *Tintinnus* etc.), die Hypotricha (*L*[illegible]*cha*, *Euplotes* etc.) und die Peritricha (*Vorticella*, *Ophry*[illegible]*ina* etc.).

Zweite Classe der Infusorien:

Acinetae (*Suctoria*). *Saug-Infusorien.*

Die Classe der Acineten oder Sauginfusorien, welche ihren gemeinsamen phyletischen Ursprung mit den Ciliaten deutlich durch ihre gleichen Larven verrathen, umfasst die beiden Ordnungen oder Familien der Podophryida (*Podophrya*, *Trichophrya*, *Autacineta*) und der Dendrocometida (*Dendrocometes*, *Ophryodendron*). Vielleicht hängt diese Classe mit den Rhizopoden oder den Protoplasten unmittelbar zusammen.

Zweites Subphylum des Articulaten-Stammes:

Vermes. *Würmer.*

Der Unterstamm der Würmer, wie wir denselben hier umschreiben, umfasst drei Hauptäste oder Claden, nämlich: I. die Würmer im engeren Sinne (*Scolecida* oder Helminthes); II. die Ringelwürmer (*Annelida*) und III. die Räderthierchen (*Rotatoria*). Entweder bloss der letztere oder auch die beiden letzten Claden werden von Anderen bereits zu den Arthropoden gezogen. Sowohl die Rotatorien als die Anneliden stellen eigenthümlich entwickelte Zweige der Scoleciden dar, welche ihrerseits durch die Turbellarien mit den Infusorien zusammenhängen.

Erster Cladus der Würmer:

Scolecida (*Helminthes*). *Urwürmer.*

Dieser umfangreiche Ast des Subphylum der Articulaten umfasst die drei Classen der Platyelminthen, Rhynchelminthen und Nematelminthen, von denen die beiden letzteren divergirende Aeste der ersteren darstellen.

Erste Classe der Scoleciden:

Platyelminthes. *Plattwürmer.*

Diese Classe bildet unzweifelhaft den Ausgangspunkt für den gesammten Unterstamm der Würmer, da derselbe durch die Turbellarien unmittelbar mit den Ciliaten zusammenhängt. Man pflegt gewöhnlich an den Anfang desselben die Cestoden als die unvollkommensten Würmer zu stellen. Indessen sind diese zweifelsohne ebenso wie die Trematoden erst aus den Turbellarien durch Anpassung an parasitische Lebensweise hervorgegangen.

Erste Ordnung der Platyelminthen:

Turbellaria. *Strudelwürmer.*

Von allen Würmern stehen diese ohne Zweifel den Infusorien am nächsten, und sind selbst durch einige so zweifelhafte Uebergangs-Formen mit den Ciliaten verbunden, dass ihre Abstammung von diesen nicht geleugnet werden kann. Wir beschränken diese Ordnung auf die eigentlichen Turbellarien, die hermaphroditischen und afterlosen (*Aprocta*), indem wir die sehr viel höher entwickelten afterführenden und gonochoristischen Nemertinen (*Proctucha*) als besondere Ordnung abtrennen. Die Ordnung der Turbellarien spaltet sich in zwei Unterordnungen: Dendrocoela (*Planaria*, *Stylochus*) und Rhabdocoela (*Monocelis*, *Vortex*). Von diesen stehen die Dendrocoelen offenbar tiefer und den Ciliaten näher; aus ihnen wahrscheinlich haben sich die anderen Platyelminthen und vielleicht auch die Rhabdocoelen

hervorgebildet. Diese letzteren betrachten wir als Stammgruppe der Nemertinen, der übrigen Würmer, und der Rotatorien, und dadurch zugleich aller höheren Articulaten. Unter den Dendrocoelen befinden sich vielleicht Uebergangsformen von den Ciliaten zu den Rhabdocoelen.

Zweite Ordnung der Platyelminthen:
Trematoda. *Saugwürmer.*

Diese parasitischen Würmer sind wohl jedenfalls durch Anpassung an parasitische Lebensweise aus den Turbellarien und zwar aus den Dendrocoelen hervorgegangen. Durch weiter gehenden Endoparasitismus und entsprechende phyletische Degeneration haben sich aus ihnen die Cestoden hervorgebildet, während andererseits vielleicht die Hirudineen als höher entwickelte ectoparasitische Trematoden zu betrachten sind.

Dritte Ordnung der Platyelminthen:
Cestoda. *Bandwürmer.*

Mit Unrecht, wie bemerkt, werden die Bandwürmer gewöhnlich als unvollkommenste Wurmgruppe an den Anfang der Würmergruppe gestellt. Offenbar können sie nicht Ausgangspunkt derselben sein, sondern haben sich erst secundär durch phyletische Degeneration aus den Turbellarien in ähnlicher Weise entwickelt, wie die Acanthocephalen aus den Gephyreen. Dass die Cestoden durch weiter gehende parasitische Rückbildung aus den Trematoden entstanden sind, zeigen deutlich die völlig zweifelhaften Uebergangsformen zwischen beiden Gruppen (*Amphiptyches*, *Amphilina* etc.).

Vierte Ordnung der Platyelminthen:
Hirudinea (*Discophora*). *Egel.*

Die Hirudineen haben sich wahrscheinlich ebenso durch fortschreitende, wie die Cestoden durch rückschreitende phyletische Metamorphose aus den Trematoden entwickelt. Zahlreiche, neuerdings entdeckte Uebergangsformen zwischen beiden Ordnungen scheinen diese, besonders von Leuckart betonte nahe Verwandtschaft beider Gruppen zu bestätigen, obwohl die Möglichkeit nicht ausgeschlossen bleibt, dass sich die Hirudineen als ein Seitenast von den Anneliden abgezweigt haben.

Fünfte Ordnung der Platyelminthen:
Onychophora. *Krallenwürmer.*

Diese ausgezeichnete kleine Gruppe, welche nur die Familie der Peripatiden mit der einzigen Gattung *Peripatus* umfasst, wird gewöhnlich zu den Anneliden (Chaetopoda) gestellt. Sie schliesst sich aber durch viele und wichtige anatomische Charaktere viel näher an die Plattwürmer, und unter diesen zunächst an die Hirudineen an. Insbesondere ist sehr wichtig die völlige Uebereinstimmung im Bau der Leibes-Muskulatur, auf deren grosse systematische Bedeutung zuerst A. Schneider mit Recht hingewiesen hat. Falls nicht aus den Hirudineen selbst, mit denen sie auch noch die Zwitterbildung theilen, haben sich die Onychophoren wohl tiefer unten von dem Platyelminthen-Aste abgezweigt.

Sechste Ordnung der Platyelminthen:
Nemertina. *Schnurwürmer.*

Die Ordnung der Nemertinen hängt mit der Ordnung der Turbellarien, und insbesondere mit den Rhabdocoelen, so eng zusammen, dass sie gewöhnlich nicht von dieser Ordnung getrennt wird. Zweifelsohne hat sie sich unmittelbar aus den letzteren entwickelt. Indessen entfernt sie sich doch wesentlich von ihnen schon durch die Differenzirung der Geschlechter, durch die Entwickelung einer Leibeshöhle und durch andere Eigenthümlichkeiten. Vielleicht haben sich die echten Anneliden (Chaetopoden) aus ihnen hervorgebildet.

Zweite Classe der Scoleciden:
Rhynchelminthes. *Rüsselwürmer.*

Als Rüsselwürmer fassen wir nach dem Vorgange von A. Schneider die beiden Ordnungen der Gephyreen und Acanthocephalen zusammen, welche in dem eigenthümlichen Bau ihrer Leibes-Muskulatur und ihres Hakenrüssels auffallend übereinstimmen und sich dadurch zugleich von allen andern Würmern entfernen, so dass sie weder den Platyelminthen, noch den Nematelminthen, noch den Anneliden, ohne Zwang eingefügt werden können. Wir betrachten die Rhynchelminthen als einen Scoleciden-Zweig, welcher wahrscheinlich unmittelbar aus den Rhabdocoelen, und unabhängig von den beiden Aesten der Anneliden und Nematelminthen, vielleicht jedoch auch im Zusammenhang mit einem der beiden letzteren Zweige hervorgegangen ist. Die Acanthocephalen sehen wir als Gephyreen an, welche durch Anpassung an Entoparasitismus rückgebildet worden sind.

Erste Ordnung der Rhynchelminthen:
Gephyrea. *Sternwürmer.*

Die Gruppe der Gephyreen, welche die Familien der Priapuliden, Sipunculiden, Echiuriden und Sternaspiden umfasst, hat an den verschiedensten Stellen des Systems ihren Platz gefunden. Gewöhnlich wird sie entweder als eine besondere Würmer-Classe oder als eine Ordnung der Anneliden-Classe angesehen, bisweilen auch mit den Nematoden vereinigt. Früher galten die Gephyreen lange für Echinodermen, von denen insbesondere die Holothurien Manches mit ihnen gemein haben. Wahrscheinlich haben sie sich als selbstständiger Ast von den Rhabdocoelen abgezweigt, vieleicht in Zusammenhang mit denjenigen unbekannten Würmern, welche Stammväter der Echinodermen wurden.

Zweite Ordnung der Rhynchelminthen:
Acanthocephala. *Kratzwürmer.*

Von den Nematoden, mit welchen die Acanthocephalen gewöhnlich vereinigt werden, entfernen sie sich durch den Bau ihrer Muskulatur eben so sehr, als sie dadurch andrerseits mit den Gephyreen übereinstimmen, mit denen sie auch den retractilen, mit rückwärts gerichteten Haken besetzten Rüssel theilen. Wir vermuthen, dass die Acanthocephalen ebenso durch phyletische Rückbildung aus den Gephyreen, wie die Cestoden und Trematoden aus den Turbellarien entstanden sind. Beide Gruppen zeigen uns in ausgezeichneter Weise den hohen Grad, welchen die paläontologische Dege-

neration in Folge langer Anpassung an entoparasitische Lebensweise erreichen kann, und der sich namentlich im Verlust des Darmcanals ausspricht.

Dritte Classe der Scoleciden:
Nematelminthes. *Rundwürmer.*

Die Rundwürmerclasse beschränken wir auf die beiden Abtheilungen der Chaetognathen (*Sagittae*) und der echten Nematoden (*Strongyloidea*). Beide sind, wie A. Schneider gezeigt hat, besonders durch den eigenthümlichen Bau ihrer Leibesmuskulatur auf das nächste verwandt. Der cylindrische Körper aller Nematoden ist stets deutlich aus vier Antimeren zusammengesetzt, welche durch die vier longitudinalen Muskelfelder, 2 dorsale und 2 ventrale, bezeichnet werden. Diese sind getrennt in der Medianebene durch die dorsale und ventrale Medianlinie (area mediana), in der Lateralebene durch die rechte und linke Seitenlinie (area lateralis) [1])

Erste Ordnung der Nematelminthen:
Chaetognathi. *Pfeilwürmer.*

Die merkwürdige Ordnung der Chaetognathen oder Oestelminthen wird gegenwärtig nur durch die einzige Gattung *Sagitta* gebildet. Diese erscheint nach unserer vorhergehenden Auseinandersetzung als ein ausserordentlich alter Wurm-Typus, welcher sich von seinen alten Stammeltern seit dem archolithischen Zeitalter, in welchem sich vermuthlich die Wirbelthiere von letzteren abzweigten, nur wenig entfernt hat. Wie auch ihre durch Gegenbaur bekannt gewordene Ontogenie beweist, bilden die Sagitten einen sehr conservativen Typus, der uns die ursprüngliche gemeinsame Stammform der Nematoden und Vertebraten vielleicht nur wenig modificirt zeigt.

Zweite Ordnung der Nematelminthen:
Nematoda. *Fadenwürmer.*

(Synonym: *Nematoidea. Strongyloidea. Filariae. Filarina.*)

Die Fadenwürmer müssen, nach dem Bau ihrer Muskulatur zu schliessen, Sagittinen sein, welche durch Anpassung an entoparasitische Lebensart in ähnlicher Weise, obwohl nicht so weit gehend, zurückgebildet sind, wie die Acanthocephalen und Cestoden. Wahrscheinlich gehören in diese Ordnung nicht allein die Strongyloideen (*Anguillula, Filaria, Ascaris*), sondern auch die Gordiaceen, welche einen weiteren Grad der phyletischen Degene-

---

[1]) Auf diese Form-Verhältnisse legen wir das grösste Gewicht, nicht allein, weil sie Nematoden und Chaetognathen als zwei nächst verwandte Würmergruppen nachweisen, sondern vielmehr besonders desshalb, weil sie uns einen Anknüpfungs-Punkt für die wichtigsten Descendenz-Fragen anderer Thierstämme darzubieten scheinen. Wenn die Wirbelthiere, wie wir glauben, nicht aus einem eigenen Stamm sich entwickelt, sondern von den Würmern abgezweigt haben, so stehen sie offenbar den Nematelminthen am nächsten, und die Idee Meissner's von einem verwandtschaftlichen Zusammenhang der Sagitten und Vertebraten, welche so viel verspottet wurde, hat doch vielleicht eine etwelche Begründung. Wie uns der Querschnitt jedes Fisch-Schwanzes deutlich beweist, ist auch der Wirbelthier-Rumpf ursprünglich aus vier (nicht aus zwei!) Antimeren zusammengesetzt (Vergl Bd. I, S. 516, 517), und zwar zeigen die niederen Vertebraten genau dieselbe Ausführung der interradialen eutetrapleuren Grund-

ration zeigen. Vielleicht jedoch sind die Gordiaceen nicht zu den Nematelminthen, sondern zu den Rhynchelminthen zu stellen, worauf möglicherweise der Hakenrüssel ihrer Larven hindeuten würde.

Zweiter Cladus der Würmer:
Annelida. *Ringelwürmer.*

Dieser weniger mannichfaltig entwickelte Ast des Subphylum der Würmer zeigt uns diejenige Würmer-Form, welche durch die Homonomie zahlreicher Metameren besonders in die Augen springt, und bereits in den Cestoden-Ketten einen Ausdruck findet, zur höchsten Höhe entwickelt. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben sich die Anneliden aus den Nemertinen oder aus gemeinsamer Wurzel mit diesen entwickelt, wiewohl andere Anzeichen auf eine nähere Verwandtschaft mit den Nematelminthen hindeuten. Man pflegt neuerdings den Anneliden-Cladus gewöhnlich in fünf Ordnungen einzutheilen, nämlich 1. Gephyrea. 2. Hirudinea. 3. Onychophora. 4. Oligochaeta. 5. Chaetopoda. Von diesen haben wir die drei ersten bereits vorher an andere Stellen gewiesen, so dass bloss die beiden letzten als echte Anneliden übrig bleiben. Bei ihrer bedeutenden Verschiedenheit glauben wir denselben den Rang von Classen ertheilen zu müssen.

Erste Classe der Anneliden:
Drilomorpha, H. *Kahlwürmer.*

Wir vereinigen in dieser Classe die beiden Ordnungen der Oligochaeten und der von Victor Carus zuerst unterschiedenen Haloscolecinen, von denen die letzteren wahrscheinlich als Uebergangsstufe von den ersteren zu den Chaetopoden von Wichtigkeit sind. Ob dieselben wirklich sich aus gemeinsamer Wurzel mit den Chaetopoden entwickelt haben, ist jedoch nicht ganz sicher, da sie in mancher Beziehung den Nematelminthen näher stehen.

Erste Ordnung der Drilomorphen.
Oligochaeta. *Land-Kahlwürmer.*

(Synonym: *Lumbricina. Scoleina. Terricolae.*)

Von allen echten Anneliden stehen die Oligochaeten auf der tiefsten Stufe, und bieten uns vielleicht in den Naidinen noch wenig veränderte, alte Süsswasserformen, welche den Typus der gemeinsamen Anneliden-Vorfahren sehr conservativ festgehalten haben. Wahrscheinlich sind es diese unvollkommensten Anneliden, welche zunächst aus den Scoleciden hervorgegangen sind, und zwar vermuthlich aus der Nemertinen- oder doch gemeinschaftlich mit diesen aus der Rhabdocoelen-Gruppe. Von den Naidinen oder von den Tubificinen, oder von nahen Verwandten dieser im Süsswasser lebenden Oligochaeten haben sich wohl die Enchytraeinen und die Lumbricinen abgezweigt, welche sich an das Landleben gewöhnt haben.

form, wie die Nematoden. Auch bei den Fischen finden wir noch deutlich die vier longitudinalen Muskelgruppen der Nematoden („Seitenrumpfmuskeln"), welche rechts und links (in der Lateralebene) durch die beiden „Seitenlinien", oben und unten (in der Medianebene) durch die beiden „Medianlinien" geschieden werden. Vielleicht ist daher unsere Vermuthung richtig, dass die alten Ureltern der Wirbelthiere eben so einerseits durch progressive, wie die Nematoden andrerseits durch regressive Metamorphose aus den Vorfahren der nur wenig veränderten Chaetognathen sich hervorgebildet haben.

Zweite Ordnung der Drilomorphen:
Haloscolecina. *See-Kahlwürmer.*

Diese Gruppe von Seewürmern umfasst die beiden Familien der Capitelliden oder Halelminthen (*Capitella, Lumbriconais*) und der Halonaiden (*Dero, Polyophthalmus, Pleigophthalmus* etc.). Sie bilden den unmittelbaren Uebergang von den Oligochaeten zu den Chaetopoden.

Zweite Classe der Anneliden:
Chaetopoda. *Borstenwürmer.*
(Synonym: *Polychaeta. Branchiata. Annulata.*)

Die Chaetopoden-Classe, wie wir sie hier begrenzen, umfasst die drei Ordnungen der Gymnocopen, Tubicolen und Vagantien. Von diesen hat sich wahrscheinlich die letzte unmittelbar aus den Haloscolecinen entwickelt, während die beiden ersteren specielle Anpassungs-Formen von divergenten Zweigen der Vagantien darstellen.

Erste Ordnung der Chaetopoden:
Vagantia. *Raubwürmer.*
(Synonym: *Dorsibranchia. Rapacia. Errantia.*)

Diese äusserst formenreiche Ordnung bildet den eigentlichen Hauptstamm sowohl der Chaetopoden-Classe als auch des ganzen Anneliden-Cladus. Es gehört hierher nicht allein die bei weitem grösste Zahl aller Anneliden-Familien, sondern auch die höchsten und vollkommensten echten Würmer, unter denen namentlich die Aphroditen, Amphinomen, Nereiden etc. sich auszeichnen. Durch unmittelbare Uebergangs-Formen mit den Haloscolecinen verbunden, haben sich die Vagantien vermuthlich zunächst aus diesen entwickelt.

Zweite Ordnung der Chaetopoden:
Tubicolae. *Röhrenwürmer.*
(Synonym: *Capitibranchia. Limivora. Sedentia.*)

Diese Ordnung umfasst diejenigen Würmer, welche die zahlreichsten fossilen Reste hinterlassen haben, nämlich harte, meist verkalkte Röhren, welche leicht sich erhalten konnten, und welche in allen Formationen, von den silurischen an, gefunden werden. Doch sagen dieselben bei ihrer indifferenten Form und als blosse Hautausscheidungen von sehr verschieden gebauten Thieren über deren Beschaffenheit gar nichts Näheres aus. Für die Phylogenie sind diese, wie alle anderen fossilen Würmer-Reste völlig werthlos. Es gehören zu den Tubicolen die Serpulaceen, von denen *Serpula, Vermilia* und *Spirorbis*, die Terebellaceen, von denen *Terebella*, und andere Familien, von denen verschiedene Gattungen fossile Röhren hinterlassen haben. Die Ordnung hat sich jedenfalls erst durch Anpassung an sitzende Lebensweise aus den Vagantien hervorgebildet.

Dritte Ordnung der Chaetopoden;
Gymnocopa. *Ruderwürmer.*

Diese kleine, aber sehr eigenthümliche Gruppe, welche nur die Familie der frei schwimmenden Tomopteriden umfasst (*Tomopteris*), scheint uns nur

einen divergenten, durch besondere Anpassungs-Verhältnisse veränderten Seitenzweig der Vagantien-Ordnung darzustellen.

Dritter Cladus der Würmer:
Rotatoria. *Räderthierchen.*

Dieser kleine Ast des Subphylum der Würmer umfasst nur die einzige Classe der Räderthierchen, welche aber durch ihre vielfachen und verwickelten Verwandtschafts-Beziehungen zu fast allen Hauptgruppen des Articulaten-Stammes von ganz besonderem Interesse ist, und daher auch den Systematikern von jeher die grössten Schwierigkeiten verursacht hat. Bald sind die Rotatorien zu den Infusorien, bald zu den Turbellarien, bald zu den Anneliden, bald zu den Crustaceen gestellt, und von den Einen eben so entschieden für echte Würmer, wie von den Andern für echte Arthropoden erklärt worden. In der That sind verwandtschaftliche Beziehungen zu allen diesen Gruppen vorhanden, und der lebhafte Streit über ihre Stellung in dieser oder jener Gruppe zeigt deutlich, wie alle Systematik ohne das Licht der Descendenz-Theorie im Dunkeln tappt.

Nach unserer Ansicht ist die Classe der Räderthierchen ein sehr alter Ueberrest von demjenigen Aste des Articulaten-Stammes, aus welchem sich zunächst die Crustaceen und somit weiterhin die Arthropoden überhaupt entwickelt haben. Einerseits sind die Rotatorien durch ihre tiefsten Formen so innig mit den Turbellarien (Rhabdocoelen) und selbst noch mit den Infusorien, andrerseits durch ihre höchsten Formen so nah mit den Crustaceen (Entomostraca) und dadurch mit dem Subphylum der Arthropoden verbunden, dass wir dieselben als eine Zwischenform zwischen den Scoleciden und den Arthropoden betrachten müssen, d. h. als uralte und sehr wenig veränderte directe Descendenten von jenen Würmern, aus denen sich die Arthropoden entwickelt haben. Die verschiedenen Formen, welche gegenwärtig noch aus der Rotatorien-Gruppe leben und nur dürftige Zweiglein eines vormals gewiss sehr entwickelten Astes darstellen, lassen unter sich keine derartigen Unterschiede wahrnehmen, dass wir darauf hin einen Stammbaum der Classe selbst entwerfen könnten.

Drittes Subphylum des Articulaten-Stammes:
Arthropoda. *Gliederfüsser.*

Der Unterstamm der Arthropoden wird zwar gewöhnlich dem der Würmer als völlig getrennt gegenübergestellt, und Beide werden als zwei selbstständige Phylen betrachtet. Indessen müssen wir die schon von Bär und Cuvier bewerkstelligte Vereinigung derselben in dem „Typus" oder Unterreich der Articulaten als völlig berechtigt reconstituiren, da die Arthropoden nur einen höher entwickelten und weiter differenzirten Zweig des Würmerstammes darstellen. Abgesehen von den allgemeinen morphogenetischen Gründen, durch welche diese Ansicht fest gestützt wird, sind selbst die anatomischen Homologieen zwischen Beiden so zahlreiche, dass eine systematische Trennung sehr schwierig ist, und dass insbesondere die beiden Claden der Rotatorien und der Anneliden von den einen Zoologen mit eben so viel Bestimmtheit zu den Arthropoden, wie von den Anderen zu den echten Würmern im engeren Sinne, den Scoleciden gezogen werden. Welche von diesen beiden Claden, ob die Anneliden oder die Rotatorien, unmittelbar den genealogischen

Uebergang von den Scoleciden zu den Arthropoden herstellen, könnte zweifelhaft erscheinen. Indessen glauben wir, dass bei weitem mehr Argumente zu Gunsten der Rotatorien sprechen, während wir die Anneliden vielmehr für einen den Arthropoden parallel aufsteigenden Zweig des Würmerstammes halten, der sich schon früh von den Rotatorien getrennt hat.

Das Subphylum der Arthropoden wird gegenwärtig allgemein in die vier Classen der Crustaceen, Arachniden, Myriapoden und Insecten eingetheilt. Indessen ist es offenbar, dass die drei letzteren Classen unter sich viel inniger zusammenhängen und viel geringere Differenzen darbieten, als die verschiedenen Legionen und selbst die verschiedenen Ordnungen der Crustaceen. Diese könnten mit demselben oder noch grösserem Rechte als selbstständige Classen betrachtet werden. Wir vereinigen daher jene drei (durch Tracheen Luft athmenden) Arthropoden-Classen nach dem Vorgange von Bronn in dem Cladus der Tracheaten und stellen diesem als zweiten Cladus die (durch Kiemen Wasser athmenden) Crustaceen als Cariden gegenüber. Offenbar haben sich die Tracheaten erst aus den Cariden, diese dagegen unmittelbar aus den Würmern, und zwar am wahrscheinlichsten aus den Rotatorien entwickelt. Die Paläontologie liefert uns leider hierüber nur geringe Andeutungen, viel wichtigere die Ontogenie. Die phyletische Entwickelung der Hauptabtheilungen der Arthropoden fällt grösstentheils in die archolithische Zeit, aus welcher uns nur die wenigen cambrischen und die silurischen Reste berichten. Zudem sind die Körper der meisten Tracheaten und auch die der zarteren Crustaceen, nur wenig der Fossilisation fähig.

Erster Cladus der Arthropoden:
Carides. *Krebse (Kiemenathmende Arthropoden).*

Dieser Zweig umfasst nur die formenreiche Classe der Crustaceen, deren einzelne Hauptabtheilungen (Subclassen, Legionen, Ordnungen) man recht gut als selbsständige Classen aufführen könnte, wenn nicht so viele verbindende Zwischenglieder zwischen denselben existirten. Die Paläontologie liefert uns über die Phylogenie der Cariden weit umfassendere Aufschlüsse als über die der Tracheaten, jedoch wesentlich nur über das successive Auftreten einzelner Legionen. Am wichtigsten erscheint in dieser Beziehung das ganz überwiegende Vorherrschen der Trilobiten in der Primärzeit, der Macruren (und vielleicht auch der Poecilopoden?) in der Secundärzeit, während für die Tertiärzeit die Brachyuren bezeichnend sind.

Einzige Classe des Cariden-Cladus:
Crustacea. *Kruster.*

Diese Classe ist nebst den Radiolarien (vergl. S. XXIX) die einzige unter den wirbellosen Thieren, welche bisher eine genealogische Analyse im Sinne der Descendenz-Theorie gefunden hat. Fritz Müller hat sich dieser eben so schwierigen als interessanten Aufgabe mit so viel Geist und mit so tiefem Verständniss unterzogen, dass wir hier nichts besseres thun, als auf seine ausgezeichnete Schrift „Für Darwin" verweisen können (Vergl. unten S. 185). Allerdings sind unsere Kenntnisse dieser äusserst differenzirten und auf das Mannichfaltigste durch Anpassung veränderten Classe immer noch so unvollkommen, dass Fritz Müller es noch nicht wagte, „die einzelnen Fäden, welche die Jugendformen der verschiedenen Kruster liefern, zu einem Gesammtbilde der Urgeschichte dieser Classe zu verweben." Wenn wir trotz

unserer viel geringeren Kenntniss derselben dennoch diesen Versuch hier wagen, so geschieht es nur, um einen festen und angreifbaren Boden zur Discussion dieser Fragen vorzubereiten. Als die gemeinsame Stammform aller Crustaceen ist zweifelsohne der *Nauplius* zu betrachten, welchen die vergleichende Ontogenie der Cariden mit der überraschendsten Sicherheit als solchen nachweist.

Erste Subclasse der Crustaceen:
Archicarida, H. *Urkrebse.*

Diese Subclasse enthält die uns unbekannten selbstständigen, persistenten *Nauplius*-Formen, welche den Uebergang von den Rotatorien zu den übrigen Krustern herstellten. Zweifelsohne hat die *Nauplius*-Form in der älteren archolithischen Zeit, lange vor der Silur-Zeit, einen sehr formenreichen Cariden-Zweig gebildet, dessen Repräsentanten uns jedoch wegen ihrer sehr geringen Grösse und Consistenz nicht erhalten bleiben konnten. Wahrscheinlich schon in der laurentischen, vielleicht schon in der antelaurentischen Zeit hat sich der *Nauplius* aus den Rotatorien, oder mit diesen zusammen aus niederen Scoleciden entwickelt. Als divergente Zweige der gemeinsamen *Nauplius*-Form sind alle übrigen Subclassen der Crustaceen-Classe zu betrachten. Einerseits ging aus dem *Nauplius* die *Zoëa* hervor, welche der Stammvater aller Malacostraca und wahrscheinlich auch der Tracheaten wurde. Andrerseits entwickelten sich aus der *Nauplius*-Gruppe, ohne Zwischentritt der *Zoëa*-Form, alle übrigen Cariden-Legionen, welche früher als Entomostraca zusammengefasst wurden.

Zweite Subclasse der Crustaceen:
Pectostraca, H. *Haftkrebse.*

In dieser Legion fassen wir die beiden merkwürdigen, und von den übrigen Krustern sich am meisten entfernenden Ordnungen der Cirripedien und Rhizocephalen zusammen, von denen uns die ersteren vorzüglich durch die classischen Untersuchungen von Charles Darwin, die letzteren durch diejenigen von Fritz Müller genauer bekannt geworden sind. Wie der letztere nachgewiesen hat, stimmen die *Nauplius*-Stadien beider Ordnungen so sehr unter sich überein und weichen durch wesentliche Charaktere so sehr von denen der anderen Crustaceen ab, dass wir Beide als divergente Aestchen eines einzigen, tief unten abgehenden Zweiges betrachten müssen. Beide sind durch Hermaphroditismus ausgezeichnet. Durch weit gehende phyletische Degeneration entstehen aus ihnen die seltsamsten Gestalten.

Erste Legion der Pectostraken:
Rhizocephala. *Wurzelkrebse.*

Diese höchst merkwürdige Krebs-Legion, welche die Gattungen *Peltogaster*, *Sacculina* und *Lernaeodiscus* umfasst, zeigt uns den äussersten Grad parasitischer Degeneration unter den Gliederthieren, indem der ganze Körper zu einem einfachen, beiderlei Geschlechtsproducte erzeugenden Sacke reducirt wird. Ihre Ontogenie beweist, dass sie neben den Cirripedien als besonderer Zweig der Pectostraken-Gruppe zu betrachten sind. Fossile Reste konnten sie nicht hinterlassen.

Zweite Legion der Pectostraken:
Cirripedia. *Rankenfüsser.*

Diese ausgezeichnete Krebslegion besitzt harte Kalkschalen, welche der fossilen Erhaltung fähig sind. Sichere Reste von den Balaniden (*Chthamalus*) sind bereits in der Kreide, von den Lepadiden (*Pollicipes*) im Jura gefunden. Vielleicht aber ist auch der devonische *Bostrichopus* ein Cirriped. Wahrscheinlich haben sich die Cirripedien schon in der archolithischen Zeit von den andern Crustaceen abgezweigt.

Dritte Subclasse der Crustaceen:
Ostracoda. *Muschelkrebse.*

Diese sehr eigenthümliche Krebsgruppe, welche nur die eine Ordnung der Conchocariden, mit den Familien der Cypriden, Cytheriden und Cypridiniden umfasst, zeigt so höchst verwickelte Verwandtschafts-Beziehungen zu fast allen übrigen Subclassen der Crustaceen, dass ihr ein Platz an den verschiedensten Orten angewiesen worden ist. Bald haben die Ostracoden für nächste Verwandte der Cirripedien, bald der Branchiopoden, bald der Poecilopoden, bald der Isopoden gegolten. Hieraus und aus ihrer Ontogenie geht hervor, dass wir es mit einer sehr alten und seit der archolithischen Zeit sehr wenig veränderten Thiergruppe zu thun haben, welche sich gleich den Pectostraken schon sehr frühzeitig, und zwar wahrscheinlich aus gemeinsamer Wurzel mit diesen, aus der Archicariden-Gruppe entwickelt hat. Die nächste Verwandtschaft mit den Cirripedien wird insbesondere durch die zweiklappige Schale bewiesen, welche die jugendlichen Larven („Cypris-Stadien") der letzteren mit den Ostracoden theilen. Fossile Schalen von Ostracoden (*Cypris*, *Cythere*, *Cypridina*) finden sich massenhaft schon in den ältesten Formationen, vom Silur an, am reichlichsten in den tertiären Ablagerungen.

Vierte Subclasse der Crustaceen:
Copepoda. *Ruderkrebse.*

Diese Subclasse, welche ihre phyletische Entwickelung aus den Archicariden noch heute in ihrer Ontogenie sehr deutlich erkennen lässt, umfasst die beiden Legionen der Eucopepoden und Siphonostomen, von denen fossile Reste nicht bekannt sind. Die letzteren sind lediglich durch Parasitismus rückgebildete Seitenzweige der ersteren.

Erste Legion der Copepoden:
Eucopepoda, H. *Freilebende Copepoden.*

Diese Legion, welche die Familien der Cyclopiden, Calaniden, Corycaeiden, Notodelphyiden und viele Andere umfasst, bildet den eigentlichen Stamm der Copepoden-Gruppe, welcher sich unmittelbar aus den Archicariden entwickelt hat.

Zweite Legion der Copepoden:
Siphonostoma. *Parasitische Copepoden.*

Diese Legion, welche früher als eine besondere Hauptabtheilung der Crustaceen aufgeführt wurde, besteht lediglich aus echten Copepoden, welche

durch Anpassung an parasitische Lebensweise die ausgezeichnetsten regressiven Metamorphosen erlitten haben. Es gehören hierher die Ergasiliden, Caligiden, Chondracanthiden, Penelliden etc.

Fünfte Subclasse der Crustaceen:
Branchiopoda. *Blattkrebse.*

Diese Subclasse steht der vorigen am nächsten, und hat sich wahrscheinlich aus der gleichen Archicariden-Form mit derselben hervorgebildet. Doch erreicht sie einen weit höheren Entwickelungsgrad als die Copepoden. Es gehören hierher die beiden lebenden Legionen der Cladoceren und der Phyllopoden, und wahrscheinlich auch die ausgestorbene Legion der Trilobiten, welche in der Primär-Zeit die Hauptmasse der Kruster bildete.

Erste Legion der Branchiopoden:
Phyllopoda. *Blattfüsser.*

Diese Legion, welche den eigentlichen Stamm der Branchiopoden-Gruppe bildet, umfasst die Familien der Artemiden (*Artemia*, *Branchipus*), der Apusiden (*Apus*) und der Estheriden (*Estheria*, *Limnadia*). Sie hat sich scheinbar seit ihrer Abzweigung von den Archicariden in sehr gerader Linie entwickelt, und ist nur wenig durch Anpassung verändert worden. Apus-Formen, welche von dem heutigen *Apus* sehr wenig abweichen, finden sich bereits in der Kohle und in der Trias.

Zweite Legion der Branchiopoden:
Cladocera. *Wasserflöhe.*

Diese Legion, welche die einzige Ordnung der Daphniden umfasst (*Daphnia*, *Sida*, *Polyphemus* etc.) betrachten wir als einen Seitenzweig der Phyllopoden, welcher aus diesen durch besondere Anpassungs-Verhältnisse entstanden ist. Fossile Reste sind nicht bekannt.

Dritte Legion der Branchiopoden:
Trilobita. *Palaeaden.*

Wahrscheinlich unmittelbar aus den Phyllopoden hervorgegangen, bildete diese Legion in der primordialen und primären Zeit eine äusserst vielgestaltige und hoch entwickelte Gruppe, welche damals der Hauptrepräsentant nicht allein der Crustaceen, sondern der Gliederthiere überhaupt war. Schon im oberen cambrischen Systeme vorhanden, erreichten die Trilobiten in der jüngeren Silurzeit die Acme ihrer Entwickelung, wo sie ausserordentlich massenhaft entwickelt waren, nahmen dann im Devon schon stark ab, und starben in der Kohle aus. Vielleicht entwickelte sich aus ihnen die folgende Subclasse.

Sechste Subclasse der Crustaceen:
Poecilopoda. *Schildkrebse.*

Diese sehr eigenthümliche Subclasse umfasst die beiden Legionen der Xiphosuren und der Gigantostraken, von denen nur noch die ersteren einen einzigen lebenden Repräsentanten zeigen. Wahrscheinlich bildete diese Subclasse in der primordialen, primären und secundären Zeit einen vielgestalti-

gen Zweig von sehr hoch entwickelten Crustaceen, welche erst später im Kampfe um das Dasein dem Andrange der stärker sich entwickelnden Malakostraken unterlagen. Weder ihre noch ganz unbekannte Ontogenie, noch ihre Paläontologie vermag uns gegenwärtig über ihre Phylogenie aufzuklären. Doch haben sie sich aller Wahrscheinlichkeit nach aus der vorigen Subclasse entwickelt, entweder aus den Trilobiten oder tiefer herab, aus älteren Branchiopoden. Die Gigantostraken sind vielleicht eine eigene Subclasse.

Erste Legion der Poecilopoden:
Xiphosura. *Pfeilschwänzer.*

Nur die einzige Sippe *Limulus* giebt uns heutzutage noch ein Bild von dieser abweichenden Krebsgruppe, welche besonders in der Secundär-Zeit reichlich entwickelt gewesen zu sein scheint. Fossile Reste derselben finden sich bereits im Carbon (*Bellinurus*) und im Perm (*Limulus*), jedoch selten. Reichlicher werden sie erst in der Trias (*Halycine*) und im Jura, wo sie ihre Acme erreichen.

Zweite Legion der Poecilopoden:
Gigantostraca, H. *Riesenkrebse.*

In dieser Legion vereinigen wir eine Anzahl von sehr eigenthümlichen ausgestorbenen Crustaceen, welche sich den Xiphosuren zunächst anzuschliessen scheinen, nämlich die beiden Gruppen der Pterygotiden (*Pterygotus*), welche im Silur und Devon, und der Eurypteriden (*Eurypterus*), welche im Devon und der Steinkohle vorkommen. Es finden sich unter ihnen kolossale Formen, welche gegen sieben Fuss Länge erreichten, und also alle anderen bekannten Arthropoden bei weitem an Grösse übertrafen. Früher wurden sie zum Theil für Fische gehalten. Wahrscheinlich haben sich dieselben, zugleich mit den Limuliden oder getrennt von diesen, aus den Branchiopoden hervorgebildet. Vielleicht bilden sie mehrere verschiedene Legionen.

Siebente Subclasse der Crustaceen:
Malacostraca. *Panzerkrebse.*

Diese umfangreiche Subclasse umfasst den bei weitem grössten Theil aller jetzt lebenden Crustaceen, welche jedoch unter sich sämmtlich so nahe verwandt sind, dass wir dieser Subclasse keinen höheren Rang, als den sechs vorhergehenden einräumen können. Obgleich mit ihren ältesten Wurzeln bis in die Primärzeit hinabreichend, hat sie sich doch erst in der Jurazeit reichlicher entwickelt und ist erst in der Tertiärzeit zu ihrer vollen Blüthe und zur Herrschaft über die übrigen Crustaceen gelangt, so dass namentlich die Poecilopoden und Branchiopoden, welche in den älteren Zeiträumen herrschten, jetzt ganz gegen sie zurücktreten. Von den beiden Legionen, in welche sich die Malacostraca theilen, den Podophthalmen und den Edriophthalmen, sind letztere die jüngeren, welche sich erst in der Jurazeit aus den ersteren entwickelt zu haben scheinen. Die Phylogenie dieser wichtigen Gruppe ist durch Fritz Müller's glückliche und geistvolle Untersuchungen („Für Darwin") und insbesondere durch seine Entdeckung der *Nauplius*-Larven bei Eucariden, plötzlich so überraschend aufgeklärt worden, dass über die Abzweigung auch dieser Subclasse von den Archicariden kein Zweifel mehr bestehen kann. Auch die Stammform dieser Subclasse ist, wie bei allen vor-

hergehenden, ein *Nauplius*, welcher bei seiner weiteren Metamorphose in den für diese Abtheilung ganz charakteristischen *Zoëa*-Zustand übergeht, der sich noch wenig von den Phyllopoden entfernt. Diese *Zoëa*-Form ist höchst wichtig nicht allein als gemeinsame Stammform aller Malacostraken, sondern höchst wahrscheinlich auch der Tracheaten.

Erste Legion der Malacostraca:
Podophthalma. *Stielaugen.*

Die Podophthalmen oder Thoracostraken umfassen den älteren und mächtigeren Zweig der Malacostraca, welcher sich in die vier Ordnungen der Zoëpoda, Schizopoda, Stomatopoda und Decapoda spaltet. Von diesen sind die beiden letzteren divergirende Zweige der Schizopoden, die ihrerseits aus den Zoëpoden hervorgegangen sind.

Erste Ordnung der Podophthalmen:
Zoëpoda, H. *Zoëa-Krebse.*

Diese Ordnung umfasst die uns unbekannten, ältesten, gemeinsamen Stammformen aller Malacostraken, welche schon in der Primordial-Zeit von den Archicariden sich müssen abgezweigt, uns aber keine fossilen Reste hinterlassen haben. Die merkwürdigen *Zoëa*-Zustände, welche noch heute in der Ontogenese der meisten Podophthalmen eine so wichtige Rolle spielen, geben uns ein Bild von der Form dieser alten *Malacostraca*-Ahnen, welche, wie Fritz Müller trefflich gezeigt hat (l. c. S. 86), eine phyletische Entwickelungsstufe der Malacostraken darstellen, die durch eine ganze Reihe geologischer Formationen als bleibende Form bestanden haben muss. Aus ihr haben sich höchstwahrscheinlich als zwei divergente Zweige die Schizopoden und die Protracheaten entwickelt, von denen jene die gemeinsame Stammform aller Malacostraken, diese aller Tracheaten wurden.

Zweite Ordnung der Podophthalmen:
Schizopoda. *Spaltfüsser.*

Die Schizopoden oder Caridioiden repräsentiren in den Genera *Mysis*, *Euphausia* etc. die ältesten jetzt noch lebenden Ahnen der Malakostraken, welche unmittelbar aus den Zoëpoden hervorgegangen sind. Als zwei divergirende Zweige dieser Ordnung sind die Stomatopoden und Decapoden zu betrachten, von denen man bald diese bald jene Gruppe mit den Schizopoden vereinigt hat. Gewisse Eucariden (*Peneus*) und andere Macruren durchlaufen noch gegenwärtig während ihrer Ontogenese das Stadium der *Mysis*.

Dritte Ordnung der Podophthalmen:
Stomatopoda. *Maulfüsser.*

Diese Gruppe bildet den bei weitem schwächeren Zweig des Schizopoden-Astes, welcher nur die Familie der Squilliden oder Heuschreckenkrebse (*Squilla*, *Gonodactylus*, *Erichthus* etc.) umfasst. Er hat sich wahrscheinlich viel später als der Decapoden-Zweig, aus den Schizopoden hervorgebildet. Die ältesten fossilen Reste desselben finden sich im Jura (*Squilla*).

Vierte Ordnung der Podophthalmen.

Decapoda. *Zehnfüsser.*

Diese äusserst formenreiche Gruppe, zu welcher die grössten und stärksten aller jetzt lebenden Krebse gehören, und welche seit der Tertiärzeit ebenso dominirt, wie in der Silurzeit die Trilobiten, wird allgemein in die drei Unterordnungen der Macruren, Anomuren und Brachyuren eingetheilt. Von diesen haben sich die Macruren als die ältesten unmittelbar aus den Schizopoden entwickelt, während die Brachyuren als die vollkommensten erst in der Kreidezeit aus den Anomuren, und durch diese aus den Macruren hervorgegangen sind. Die Unterordnung der Macrura beginnt mit der wichtigen Familie der Eucariden oder Caridinen (Garneelen), von denen einige *Peneus*-Arten nach der interessanten Entdeckung Fritz Müller's die Phylogenie der Decapoden noch ausgezeichnet in ihrer Ontogenie conservirt haben. Diese Peneus-Arten durchlaufen nach einander folgende vier Stadien: I. *Nauplius;* II. *Zoëa;* III. *Mysis;* IV. *Peneus;* und bestätigen so auf das Bestimmteste ihren vorher erläuterten Stammbaum. Bei den meisten anderen Decapoden ist das Nauplius-Stadium, und bei sehr Vielen auch das Zoëa-Stadium durch secundäre Abkürzung der Entwickelung verloren gegangen. Die Eucariden sind offenbar die reinsten Repräsentanten der alten gemeinsamen Stammform aller Decapoden. Aus ihnen haben sich als zwei divergirende Zweige einerseits die übrigen, jüngeren und vollkommneren Macruren (die Familien der Scyllariden und Astaciden), andererseits die Unterordnung der Anomura entwickelt. Die letzteren sind theils besondere Anpassungs-Zustände der Macruren (*Galathea, Pagurus*), theils Uebergangs-Formen zu der Unterordnung der Brachyura oder Krabben, welche sich in der Kreidezeit aus ihnen entwickelt haben. Die Macruren, von denen die ältesten Reste (*Gampsonyx*) schon in der Steinkohle liegen, scheinen bereits im Jura die Acme ihre Phylogenese erreicht zu haben, während die Brachyuren als die vollkommensten Decapoden noch gegenwärtig in Zunahme begriffen sind.

Zweite Legion der Malacostraca:

Edriophthalma. *Sitzaugen.*

Die Edriophthalmen oder Arthrostraken, welche in mehrfacher Beziehung, obgleich verhältnissmässig unansehnlich, als die vollkommensten Crustaceen angesehen werden müssen, haben sich, wie es scheint, am spätesten von allen entwickelt, und zwar bilden sie wohl einen, von den Decapoden divergirenden Zeitenzweig der Schizopoden. Sie spalten sich in die beiden Ordnungen der Isopoden und Amphipoden, von denen die ersteren im Jura, die letzteren im Eocen ihrer ältesten (übrigens unbedeutenden) Reste hinterlassen haben.

Erste Ordnung der Edriophthalmen:

Amphipoda. *Flohkrebse.*

Diese Ordnung spaltet sich in die drei Unterordnungen der Saltatoria (*Gammarus, Orchestia*), der Ambulatoria (*Hyperia, Phronima*) und der Laemodipoda (*Caprella, Cyamus*) von denen die beiden letzte-

ren wohl aus den ersteren als zwei divergirende Aeste durch Anpassung entstanden sind. Die Laemodipoden bilden meist eine besondere Ordnung.

Zweite Ordnung der Edriophthalmen:
Isopoda. *Asselkrebse.*

In mehrfacher Beziehung verdient diese Ordnung, welche neben den Amphipoden, und aus gemeinsamer Wurzel mit ihnen von den Schizopoden abgegangen zu sein scheint, an die Spitze der Crustaceen-Classe gestellt zu werden. Durch Anpassung an sehr verschiedene Lebensverhältnisse zerfällt die Ordnung in eine Anzahl von Unterordnungen und Familien, die theils, wie die schmarotzenden Bopyriden (*Bopyrus*, *Entoniscus*, *Cryptoniscus*) eine rückschreitende phyletische Umbildung höchsten Grades erleiden, theils, wie die landbewohnenden Onisciden, sich zur Luftathmung erheben und Analogieen (aber keine Homologieen!) mit den Tracheaten, insbesondere den Myriapoden erwerben.

Zweiter Cladus der Arthropoden:
Tracheata. *Kerfe (Tracheenathmende Arthropoden).*

Dieser Cladus der Arthropoden umfasst die drei Classen oder Subclassen der Arachniden, Myriapoden und der echten Insecten (im engeren Sinne), und in den letzteren zugleich die bei weitem artenreichste Abtheilung des ganzen Thierreichs. Jedenfalls haben sich die Tracheaten aus den Crustaceen und höchst wahrscheinlich aus den Zoëpoden entwickelt, worauf bereits Fritz Müller hindeutete Unter sich sind die drei Tracheaten-Gruppen so nah verwandt, dass man sie füglich eher, als die verschiedenen Subclassen der Crustaceen, in einer einzigen Classe vereinigen könnte. Die gemeinsame, uns unbekannte Stammform der drei Classen, ein Zoëpode, welcher sich an das Landleben und an die Luftathmung gewöhnte, und so allmählich im Laufe langer Generationen die sehr charakteristische Tracheen-Athmung erwarb, muss in dem Zeitraum zwischen der Silur-Zeit und der Kohlenzeit (also entweder in der Antedevon-, in der Devon- oder in der Antecarbon-Zeit) sich entwickelt haben; denn in der Silur-Zeit gab es noch keine landbewohnenden Organismen, in der Steinkohle aber traten bereits die ersten entwickelten Tracheaten, und zwar sowohl Insecten als Arachniden auf. Wir wollen diese Stammformen als Protracheaten den drei übrigen Classen voranstellen.

Erste Classe der Tracheaten:
Protracheata. *Urkerfe.*

Von diesen zwischen Silurzeit und Kohlenzeit aus den Zoëpoden entwickelten Stammformen der Tracheaten sind uns zwar keine fossilen Reste bekannt. Indessen erlaubt uns die vergleichende Ontogenie der Malacostraken, Arachniden, Myriapoden und Insecten, mit ziemlicher Sicherheit auf die Form derselben bestimmte Schlüsse zu ziehen. Gleich mehreren Zoëpoden (die uns noch jetzt in Zoëa-Stadien conservirt sind), und zugleich den echten Insecten, zwischen welchen sie mitten inne standen, müssen die Protracheaten, als deren Typus man das hypothetische Genus *Zoëntomon* hinstellen könnte, drei Paar Kiefern und drei Paar locomotorische Extremitäten besessen haben. Aus diesen sechsbeinigen Zoentomiden ha-

ben sich höchst wahrscheinlich als gerade aus laufender Hauptzweig die Insecten, als schwächerer Seitenzweig die Arachniden entwickelt. Die Myriapoden stellen nur ein unbedeutendes Seitenästchen der Insecten dar. Ob jetzt noch Protrocheaten leben, ist zweifelhaft. Vielleicht könnte man die Solifugen hierher stellen, vielleicht auch jene „flügellosen Insecten", bei denen der Flügelmangel ursprünglich, nicht durch Anpassung erworben ist (falls es unter den lebenden Insecten solche giebt!).

Zweite Classe der Tracheaten:

Arachnida. *Spinnen.*

Die Spinnen besassen ursprünglich, gleich den echten Insecten, drei Beinpaare, an drei getrennten Brust-Metameren befestigt, wie es die heute noch lebenden Solifugen deutlich erkennen lassen. Erst später hat sich bei der Mehrzahl derselben das hintere Kieferpaar den drei echten Beinpaaren assimilirt, daher man den Arachniden allgemein (aber mit Unrecht) als Unterschied von den Insecten vier echte Fusspaare zuschreibt. Die Verwandtschaft der verschiedenen Spinnen-Ordnungen ist nach unserer Ansicht bisher gewöhnlich sehr unrichtig beurtheilt worden, indem man sich dabei fast immer nur oder doch vorwiegend auf die Analogieen, und nicht auf die Homologieen derselben stützte. Hier, wie bei den Crustaceen, bringt plötzlich die Descendenz-Theorie helles Licht in das dunkle Chaos der Gestalten-Masse. Abgesehen von den beiden Legionen der Arctisken und Pantopoden, welche wir am liebsten ganz aus der Arachniden-Classe entfernen möchten, zerfallen die übrigen, echten Arachniden nach unserem Dafürhalten in zwei divergente Zweige, Arthrogasteres und Sphaerogasteres, welche beide von der den Protracheaten nächstverwandten Solifugen-Form ihren Ausgang genommen haben. Die Arctisken und Pantopoden, namentlich die ersteren, haben sich dagegen wahrscheinlich schon viel früher von dem Arthropoden-Stamme abgezweigt. wir bilden daher aus ihnen die Subclasse der Pseudarachnen und stellen diesen die echten Spinnen als Autarachnen gegenüber.

Erste Subclasse der Arachniden:

Pseudarachnae, H. *Scheinspinnen.*

Die Stellung dieser Gruppe unter den Arachniden betrachten wir als eine provisorische. Sie wird aber so lange beibehalten werden müssen, als nicht die Stelle ihrer Abzweigung vom Articulaten-Stamme entdeckt ist. Die beiden hierher gehörigen Legionen, Arctisken und Pantopoden, zeigen unter sich keine nähere Verwandtschaft.

Erste Legion der Pseudarachnen:

Arctisca. (*Tardigrada*). *Bärthierchen.*

Diese Legion umfasst nur die einzige Ordnung und Familie der Arctisken oder Tardigraden, die wir als einen uralten Zweig des Gliederthier-Stammes betrachten, der wahrscheinlich viel älteren Ursprungs als die Arachniden-Classe ist. Die Vierzahl der Beinpaare scheint uns nicht auf Homologie, sondern auf Analogie mit den Arachniden zu beruhen. Wir vermuthen, dass dieselben näher den Würmern als den übrigen Glieder-Thieren stehen und vielleicht den Rotatorien, vielleicht den Scoleciden, mehr als den echten

Arthropoden verwandt sind. Stammen sie wirklich von den Protracheaten ab, so würden sie vielleicht als eigenthümlich angepasste, sehr alte Sphaerogastern anzusehen sein und wohl den Milben am nächsten stehen.

Zweite Legion der Pseudarachnen:
Pantopoda. (*Pycnogonida*). *Asselspinnen.*

Diese Legion umfasst nur die einzige Ordnung und Familie der Pycnogoniden, eine gleich der vorigen sehr eigenthümliche Articulaten-Gruppe, welche jedoch viel nähere Verwandtschafts-Beziehungen zu den übrigen Arthropoden zeigt. Vielleicht kann dieselbe als ein Zweig der Sphaerogastres betrachtet werden, der durch die einfache Anpassung an das Küstenleben seltsam modificirt worden ist. Vielleicht sind aber die Pantopoden auch sehr aberrante Crustaceen.

Zweite Subclasse der Arachniden:
Autarachnae, H. *Echte Spinnen.*

Hierher gehören alle Arachniden mit Ausnahme der Arctisken und Pantopoden. Alle Spinnen dieser Abtheilung sind zweifelsohne blutsverwandte Glieder eines einzigen Astes, welcher sich neben dem der vereinigten Insecten und Myriapoden von der Protracheaten-Classe abgezweigt hat. Diejenige Form, welche letztern am nächsten steht, sind die Solifugen, von denen aus sich wahrscheinlich sowohl die Arthrogastres als Sphaerogastres, die beiden natürlichen Hauptgruppen der Autarachnen, als zwei divergente Zweige entwickelt haben. Zur Unterscheidung der verschiedenen Gruppen hat man bisher bei den Autarachnen, wie bei den Arachniden überhaupt, vorzugsweise die Differenzirung der Respirations-Organe benutzt. Offenbar ist diese hier aber nur von ganz untergeordnetem morphologischen Werthe, da sie bei nächstverwandten Arachniden durch verschiedene Anpassungs-Verhältnisse sehr verschieden abgeändert ist. Die fossilen Reste der Autarachnen (von den Pseudarachnen kennt man keine) sind im Ganzen sehr spärlich. Doch finden sich einzelne sehr deutliche Abdrücke von Arthrogastren (*Scorpio*, *Chelifer*) bereits in der Steinkohle, wogegen die Sphaerogastres erst im Jura auftreten (*Palpipes*). Dies stimmt überein mit unserer Vermuthung, dass die Sphaerogastres erst einen späteren Seitenzweig der Solifugen repräsentiren.

Erste Legion der Autarachnen:
Arthrogastres. *Streckspinnen* (*Skorpione*).

Diese Legion umfasst die Reihe der langgestreckten sogenannten „Arachnida crustaceiformia", welche man auch kurzweg nach ihrem am höchsten entwickelten Zweige die Skorpione nennen könnte. Sie beginnt mit den Solifugen, welche durch die Phryniden mit den echten Skorpionen, und mit deren degenerirtem Seitenast, den Pseudoscorpionen verbunden sind.

Erste Ordnung der Arthrogastres:
Solifugae. *Skorpionspinnen.*

Die höchst interessante Ordnung der Solifugen wird gegenwärtig nur durch die einzige Familie der Solpugiden (*Solpuga*, *Galeodes* etc.) vertre-

ten. Wir erblicken in diesen Autarachnen die von allen lebenden Arachniden am wenigsten veränderten directen Nachkommen derjenigen Protracheaten, welche zwischen Silurzeit und Kohlenzeit von dem Hauptaste der Protracheaten sich abzweigten, um später die gemeinsamen Stammformen aller Autarachnen zu werden. Obgleich durch Anpassung sehr hoch entwickelt und zu den vollkommensten Arachniden gehörig, haben dennoch andererseits die Solifugen den ursprünglichen Protracheaten-Typus, der alle Arachniden, Myriapoden und Insecten als nächste Blutsverwandte verbindet, in so ausgezeichneter Weise conservirt, dass sie als unschätzbare Zeugen dieser innigen Stammverwandtschaft an den Anfang der Autarachnen gestellt werden müssen. Wenn alle übrigen Arthrogastren ausgestorben wären, und bloss die „eigentlichen“ Spinnen (Araneae) existirten, würde man die Solifugen mit mehr Recht den Insecten, als den letzteren anfügen. Von den uralten Stammvätern der Autarachnen, die den Solifugen am nächsten standen, haben sich wahrscheinlich als drei divergente Zweige erstens die zu den Skorpionen hinüberführenden Phryniden, zweitens die Phalangiten und drittens die Araneen abgezweigt [1]).

Zweite Ordnung der Arthrogastres:

Tarantulae. (*Phrynida*). *Taranteln.*

Auch bei dieser Ordnung, welche die einzige Familie der Phryniden (*Phrynus*, *Thelyphonus*) umfasst, sind noch, wie bei den Solifugen, die drei echten Beinpaare völlig von dem hinteren Kiefertasterpaar (dem sogenannten ersten Beinpaar) verschieden, obgleich bereits Kopf und Brust verschmolzen sind. Die Phryniden sind offenbar die unmittelbare Uebergangsstufe von den Solifugen zu den echten Scorpionen.

Dritte Ordnung der Arthrogastres:

Scorpioda. *Skorpione.*

Diese Ordnung, welche die einzige Familie der echten Skorpione oder der Skorpioniden (*Scorpio*, *Buthus*) umfasst, hat sich höchst wahrscheinlich aus den Phryniden, und zunächst aus dem *Thelyphonus* ähnlichen Formen entwickelt, und zwar schon vor der Kohlenzeit, denn in der Steinkohle findet sich bereits ein echter Skorpion (*Cyclophthalmus*).

Vierte Ordnung der Arthrogastres:

Pseudoscorpioda. *Afterskorpione.*

Diese kleine Ordnung, welche nur die Familie der Obisiden (*Obisium*, *Chelifer*) umfasst, betrachten wir als einen verkümmerten Seitenzweig der vorigen Ordnung, welcher sich zu dieser ähnlich, wie die Milben zu den Araneen verhält. Uebergangsformen zwischen Scorpio und Chelifer finden sich schon in der Steinkohle (*Microlabis*).

---

[1]) Ganz wie bei den echten Insecten, ist auch bei den Solifugen der Rumpf noch aus drei völlig getrennten Stücken zusammengesetzt, Kopf, Thorax und Abdomen. I. Der Kopf trägt 1. das Augenpaar, 2. das Antennenpaar (Kieferfühler) 3. zwei Kiefertasterpaare (zwei Unterkieferpaare). II. Die drei Metameren der Brust tragen die drei echten Beinpaare. III. Der anhangslose Hinterleib ist aus zehn Metameren zusammengesetzt. Bei allen übrigen echten Spinnen sind nicht allein die drei Metameren des Thorax unter sich, sondern auch mit dem Kopfe zusammen zum Cephalothorax verschmolzen. Auch bei den Pantopoden sind jene vier Metameren noch von einander getrennt.

Fünfte Ordnung der Arthrogastres:
Opiliones. *Afterspinnen.*

Die Ordnung der Phalangier, welche aus der einzigen Familie der Opilioniden oder Phalangiden besteht (*Phalangium, Opilio*), steht durch ihre eigenthümlichen Verwandtschafts-Beziehungen so isolirt, dass sie keiner der übrigen Autarachnen-Ordnungen unmittelbar angeschlossen werden kann; bald wird sie mit den Arthrogastres, bald mit den Sphaerogastres vereinigt. In der That steht sie zwischen Beiden in der Mitte. Uns scheint sie ein sehr alter, selbstständiger Ausläufer des Solifugen-Stammes zu sein, welcher sich nicht in andere Ordnungen fortsetzt. Sie ist die einzige Arachniden-Ordnung, welche mit den Solifugen die verästelten Tracheenbüschel theilt.

Zweite Legion der Autarachnen:
Sphaerogastres, H. *Rundspinnen.*

Diese Legion umfasst die Hauptmasse der Arachniden, nämlich die sogenannten „echten Spinnen" im engeren Sinne oder die Webespinnen (Araneae), und die Milben (Acara). Die Acaren sind nach unserer Ansicht Nichts weiter als ein rückgebildeter Seitenzweig der Araneen, welche letzteren sich als selbstständiger Ast aus den Solifugen entwickelt haben. Diese Entwickelung ist vorzüglich erfolgt durch Concentration des articulirten Rumpfs, durch Verschmelzung der Metameren, und die dadurch bedingte Centralisation der Organsysteme, welche die Sphaerogastren vor allen andern Tracheaten auszeichnet, und ihnen unter diesen eine ähnliche Stellung giebt, wie den Brachyuren unter den Crustaceen.

Erste Ordnung der Sphaerogastres:
Araneae. *Webespinnen.*

Diese formenreiche Gattung umfasst die typischen oder „eigentlichen Spinnen" im engsten Sinne, welche sich aus den Solifugen, unabhängig von den divergenten Aesten der Scorpione und Opilionen, entwickelt haben. Die den Solifugen noch am nächsten stehenden scheinen die *Salticus* zu sein. Den eigentlichen Stamm der Ordnung bildet die Unterordnung der Zweilungen-Spinnen (Dipneumones), welche in die beiden Sectionen der nichtwebenden Vagabundae (*Salticus, Lycosa*) und der webenden Sedentariae (*Tegenaria, Argyroneta*) zerfällt. Ueber letztere hat sich die zweite Unterordnung der Vierlungen-Spinnen (Tetrapneumones) als ein höchst entwickelter Ast erhoben (*Cteniza, Mygale*). Fossile Reste der Araneen treten zuerst im Jura auf (*Palpipes*).

Zweite Ordnung der Sphaerogastres:
Acara. *Milben.*

Diese ebenfalls sehr formenreiche Ordnung, welche gewöhnlich mit Unrecht an den Anfang der Arachniden-Classe gestellt wird, halten wir nicht für den Ausgangspunkt, sondern für einen einseitig verkümmerten Seitenzweig der Classe, welcher durch besondere einfache Anpassungs-Verhältnisse aus den Araneen (oder vielleicht auch aus den Opilionen?) hervorgegangen ist. Der grösste Theil der hierher gehörigen, meist sehr kleinen und verküm-

merten Spinnen ist durch das Schmarotzerleben sehr stark degenerirt, am stärksten die wurmförmigen Linguatuliden (*Acanthotheca*) und Simoniden (*Demodex*). Dagegen sind die nicht schmarotzenden Oribatiden (*Oribates*) weniger entartet, ebenso die Hydrachniden (*Limnochares*), Bdelliden (*Bdella*) etc.[1]).

Dritte Classe der Tracheaten:

Myriapoda. *Tausendfüsser.*

Diese kleine Tracheaten-Gruppe erscheint in entwickeltem Zustande so sehr von den übrigen Articulaten verschieden, dass man sie weder den echten Insecten, noch den Arachniden (und am wenigsten den Crustaceen!) einreihen kann, obwohl man alle drei Versuche gemacht hat. Wie jedoch die vergleichende Anatomie und namentlich die Ontogenie beweist, sind die Myriapoden den Insecten nächstverwandt, und besassen ursprünglich, gleich allen Tracheaten, drei Beinpaare. Die Vielzahl der Beinpaare ist hier (ebenso wie bei den Arachniden die Vierzahl) erst als secundär erworben zu betrachten. Die jungen aus dem Ei entschlüpfenden Myriapoden besitzen nur drei Beinpaare, wie sie ihre alten Voreltern zeitlebens behielten. Die Myriapoden haben sich wohl viel später, als die Arachniden, von dem in die Insecten-Classe sich fortsetzenden Hauptstamme der Tracheaten abgezweigt, jedenfalls vor der Jura-Zeit, da sie sich im Jura bereits fossil finden (*Geophilus*). Die kleine Classe enthält nur zwei Ordnungen; Chilopoda oder Syngnatha (*Geophilus, Scolopendra*) und Diplopoda oder Chilognatha (*Julus, Polydesmus*), von denen wahrscheinlich die ersteren dem ursprünglichen Myriapoden-Stammvater näher stehen, als die mehr veränderte letztere Gruppe.

Vierte Classe der Tracheaten:

Insecta. *Insecten.*

Die Classe der echten oder sechsbeinigen Insecten als die formenreichste aller Thiergruppen hat in vieler Beziehung für die organische Morphologie eine besondere Bedeutung, besonders auch deshalb, weil nirgends so wie hier die unwissenschaftlichste und gedankenloseste Formenspielerei als „morphologische Wissenschaft" cultivirt und verherrlicht worden ist. Ihr grösstes reales Interesse für die wirklich wissenschaftliche Morphologie liegt darin, dass sie uns zeigt, wie innerhalb des engsten anatomischen Spielraums und ohne tiefere wesentliche Organisations-Modificationen die grösste Mannichfaltigkeit der Formen realisirt werden kann. In der That sind alle Insecten, trotz ihrer zahllosen Gattungen und Arten, so innig verwandt, und durch so wenig wesentliche und tiefer greifende Organisations-Differenzen getrennt, dass sie sich in sehr wenige Hauptabtheilungen (Ordnungen) zusammenfassen lassen, und dass selbst diese qualitativ weniger divergiren, als viele andere „Ordnungen" des Thierreichs.

Was den Ursprung der Insecten-Classe betrifft, so haben wir bereits bemerkt, dass dieselben die wenig veränderte Fortsetzung der aus den Zoëpoden entsprungenen Protracheaten darstellen. Das erste Protracheat, wel-

[1]) Wenn man die Milben an den Anfang der Arachniden stellt, so ist dies eben so falsch, wie wenn man die Cestoden an den Anfang der Würmer, die Siphonostomen an den Anfang der Crustaceen stellt. Die niedrige Organisation dieser Gruppen ist erst durch Anpassung erworben, nicht ursprünglich!

ches zwei entwickelte Flügelpaare besass, können wir als den gemeinsamen Stammvater aller uns bekannten jetzt lebenden und fossilen Insecten betrachten, da die flügellosen Formen zweifelsohne sämmtlich von geflügelten Voreltern (ebenso wie die zweiflügeligen von einflügeligen) abstammen und erst durch Anpassung und secundäre Degeneration ihre Flügel eingebüsst haben. Die Entwickelung jenes Stammvaters fällt in den Zeitraum zwischen Silurzeit und Kohlenzeit, wahrscheinlich in die antedevonische oder die devonische Zeit. In der Steinkohle (vielleicht schon im Devon!) treten zum ersten Male unzweifelhafte Insecten auf, und zwar ausschliesslich kauende Insecten (*Orthoptera*, *Neuroptera*, *Coleoptera*). Erst viel später (im Jura) erscheinen die vollkommensten Kauenden (*Hymenoptera*) und die echten saugenden Insecten (*Hemiptera*, *Diptera*), am spätesten (erst tertiär) die Schmetterlinge (*Lepidoptera*). Offenbar haben sich also die Sugentien erst später aus den ursprünglich allein vorhandenen Masticantien hervorgebildet[1]).

Erste Subclasse der Insecten:
Masticantia. *Kau-Insecten.*

Diese Gruppe steht den übrigen Tracheaten und namentlich den Solpugiden, viel näher, als die erst später von ihr abgezweigte Gruppe der Sugentien. Sie allein ist in der Primärzeit vorhanden gewesen. Die allerältesten Insecten waren höchstwahrscheinlich entweder Orthopteren oder Neuropteren, oder Mischformen zwischen diesen beiden Ordnungen, welche wir in der Ordnung der Tocoptera oder Stamm-Insecten vereinigen, da wir dieselben in keiner Weise scharf zu trennen vermögen.

Erste Ordnung der Insecten:
Tocoptera, H. *Stamm-Insecten.*

Diese Ordnung gründen wir für die vereinigten Ordnungen der Orthoptera und Neuroptera, welche durch die Pseudoneuroptera so unmittelbar verbunden sind, dass wir (bei der bereits bemerkten phylogenetischen Werthlosigkeit der Insecten-Metamorphose) dieselben in keiner Weise scharf zu

---

[1]) Sowohl diese paläontologische Urkunde, als viele andere Gründe beweisen, dass bei den Insecten der Umstand, ob die Entwickelung mit oder ohne Metamorphose verläuft, nur ein secundäres Interesse besitzt, und für die morphologische Erkenntniss ihrer Verwandtschafts-Verhältnisse nur mit der grössten Vorsicht und Kritik verwerthet werden kann. Bei den Crustaceen, bei den Anneliden, bei den Mollusken, bei den Echinodermen ist der Fall keineswegs selten, dass von nächstverwandten Arten (die oft selbst einem Genus angehören!) die einen mit der ausgezeichnetsten Metamorphose, die andern dagegen ganz direct, ohne alle Metamorphose sich entwickeln! Dies rührt daher, dass die Metamorphose bald durch das Gesetz der abgekürzten Vererbung zusammengezogen, bald durch Anpassung weiter ausgedehnt, bald selbst neu erworben wird. Wie Fritz Müller (l. c. S. 80) sehr richtig bemerkt, ist wahrscheinlich auch die vollkommene Metamorphose vieler, wenn nicht aller Insecten als eine solche durch neue Anpassungen während der Ontogenese erworbene (nicht von dem ursprünglichen Stammvater der Insecten ererbte!) anzusehen, wobei jedoch immer Rückschläge in die Metamorphosen früherer Voreltern mit im Spiel sein mögen. Jedenfalls müssen wir die Eintheilung der Insecten in Ametabola und Metabola völlig verwerfen. Offenbar ist für diese falsche Trennung das Wort „vollkommene" Metamorphose verhängnissvoll geworden! Nach aller sonstigen Analogie müssten gerade die unvollkommensten Insecten die vollkommenste Metamorphose haben (wie die Eucariden unter der Malacostraca), während die vollkommensten Insecten gar keine Metamorphose mehr besitzen müssten (wie die Edriophthalmen unter den Malacostraca!). In der That ist es aber gerade umgekehrt!

trennen im Stande sind. Sowohl die Orthopteren als die Neuropteren umfassen eine Anzahl von ziemlich verschiedenartigen, niedrig stehenden und offenbar sehr alten Insectenformen, von denen mehrere darauf Anspruch machen könnten, als die nächsten Verwandten der uralten Stammform aller Insecten zu gelten. Nebst den aus ihnen entwickelten Coleopteren sind die Tocopteren die einzigen Insecten, die sich schon in der Steinkohle finden.

Erste Unterordnung der Tocoptera:
Pseudoneuroptera. *Urnetzflügler.*

Diese Unterordnung ist wahrscheinlich von allen jetzt lebenden Insecten-Gruppen die älteste und umfasst vermuthlich diejenigen Stamminsecten, aus denen sich demnächst erst Orthopteren und Neuropteren als zwei divergente Zweige entwickelt haben. Es gehören hierher die vier Sectionen der Amphibiotica (*Ephemerida*, *Libellulida*, *Perlida*), der Corrodentia (*Termitida*, *Embida*, *Psocida*), der Thysanoptera (*Physopoda*, *Thripida*) und der Thysanura (*Lepismida*, *Podurida*). Von diesen sind wahrscheinlich die Amphibiotica diejenigen, welche von allen bekannten Insecten der ältesten gemeinsamen Stammform am nächsten stehen. Aus den Tracheen-Kiemen, welche die Larven dieser Thiere besitzen, sind vielleicht die Insecten-Flügel entstanden. Fossile Reste derselben finden sich bereits in der Steinkohle (*Termes*).

Zweite Unterordnung der Tocoptera:
Neuroptera. *Netzflügler.*

Diese Ordnung hat sich wahrscheinlich erst aus der vorigen, mit der sie nächstverwandt ist, entwickelt. Vielleicht ist jedoch das parentale Verhältniss auch umgekehrt. Sie umfasst drei Sectionen: I. Planipennia (*Panorpida*, *Sialida*, *Hemerobida*), welche den eigentlichen Stamm der Gruppe bilden; II. Trichoptera (*Phryganida*) und III. Strepsiptera (*Rhipiptera*), welche beide erst von den ersteren als zwei besondere Aeste sich abgezweigt haben. Die in der Steinkohle gefundene *Dictyophlebia* stellt eine verbindende Zwischenform zwischen den Sialiden (Neuropteren) und Libelluliden (Pseudoneuropteren) her.

Dritte Unterordnung der Tocoptera:
Orthoptera. *Gradflügler.*

Diese Unterordnung hat sich wahrscheinlich gleich der vorigen von den Pseudoneuropteren abgezweigt, mit welchen dieselbe gewöhnlich vereinigt wird. Jedenfalls ist auch dieser Zweig einer der ältesten und am wenigsten veränderten. Es gehören hierher die beiden Sectionen der Ulonata (Blattiden und Heuschrecken) und der Labidura (Forficuliden), von denen die letztere wahrscheinlich einen kleinen, durch specielle Anpassung abgeänderten Seitenzeig der ersteren darstellt. Fossile Reste von Blattiden, Acridiern und Locustiden finden sich bereits in der Steinkohle.

Zweite Ordnung der Insecten:
Coleoptera. *Käfer.*

Die Käfer-Ordnung ist wohl von allen Gruppen der Organismen diejenige, bei welcher die unendliche Mannichfaltigkeit im Einzelnen und Kleinen

das grösste Missverhältniss zu der typischen Einförmigkeit im Grossen und Ganzen zeigt. Daher erscheint auch eine genealogische Anordnung ihrer zahlreichen Familien, und selbst eine Gruppirung derselben in wenige grössere Sectionen noch ganz unmöglich. Zweifelsohne haben sich die Käfer aus den Tocopteren, und zwar wahrscheinlich aus einem Zweige der Orthopteren entwickelt. Sie sind die einzigen Insecten, welche ausser den Tocopteren bereits in der Steinkohle vorkommen (einige Curculioniden).

Dritte Ordnung der Insecten:
Hymenoptera. *Hautflügler.*

Gleich den Käfern erscheint auch die Ordnung der Hymenopteren als eine so einheitliche und in sich abgeschlossene Gruppe, dass keine Verbindungsglieder mit andern Insecten-Ordnungen bekannt sind. Gleich den Käfern sind auch die Hymenopteren jedenfalls aus den Tocopteren entstanden, und zwar wahrscheinlich aus einem Zweige der Neuropteren oder der Pseudoneuropteren. Von allen kauenden Insecten haben sie sich am spätesten entwickelt. Die ersten fossilen Reste derselben gehören dem Jura an.

Zweite Subclasse der Insecten:
Sugentia. *Saug-Insecten.*

Die Insecten mit saugenden Mundtheilen oder die Sugentien, welche die drei Ordnungen der Hemiptera, Diptera und Lepidoptera umfassen, haben sich erst spät aus der Subclasse der Masticantien entwickelt und zwar höchstwahrscheinlich aus den Tocopteren. Der nähere Ort ihres Ursprungs aus diesen wird sehr schwierig zu ermitteln sein, da alle drei Ordnungen in sich abgeschlossene Gruppen ohne Uebergangs-Formen (gleich den Hymenopteren und Käfern) darstellen, und da uns weder die Ontogenie noch die Paläontologie über ihre Genealogie belehren. Wahrscheinlich sind Hemiptera und Lepidoptera als zwei divergente Zweige aus den Tocopteren, vermuthlich aus den Pseudoneuropteren oder aus den Neuropteren entstanden, wogegen die Dipteren sich aus den Hemipteren entwickelt haben werden. Die ältesten bekannten Reste gehören dem Jura an.

Vierte Ordnung der Insecten:
Hemiptera. *Schnabelkerfe.*

Diese Ordnung ist höchst wahrscheinlich unter den Insecten mit saugenden Mundtheilen die älteste, welche sich vielleicht schon in der Primärzeit von den Tocopteren abgezweigt hat. Wenigstens scheint darauf der kürzlich von Dohrn beschriebene *Eugereon* aus dem Perm zu deuten, welcher eine Mischung von Charakteren der Neuropteren und Hemipteren darstellt und auf eine Uebergangsform von erstern zu letztern als auf ihren gemeinsamen Stammvater hindeutet. Von den beiden grossen Unterordnungen, in welche die Ordnung zerfällt, den Homoptera (Blattläusen und Cicaden) und den Heteroptera (Wanzen), sind die ersten wahrscheinlich die älteren. Von Beiden finden sich bereits Reste im Jura vor. Die Läuse oder Pediculiden, welche man als eine dritte Unterordnung betrachten kann, sind Hemipteren, welche durch Anpassung an Parasitismus in ähnlicher Weise rückgebildet sind, wie die Flöhe unter den Dipteren.

Fünfte Ordnung der Insecten:
Diptera. *Fliegen.*

Diese höchst umfangreiche Insecten-Ordnung hat sich wahrscheinlich aus den Hemipteren (vielleicht jedoch auch aus gemeinsamer Wurzel mit diesen oder direct aus den Tocopteren) entwickelt. Von den beiden grossen Unterordnungen, in welche die Ordnung zerfällt, den Nemocera (Mücken) und den Brachycera (Fliegen) sind die ersteren sehr wahrscheinlich die älteren, aus denen sich die letzteren erst später entwickelt haben. Von Beiden finden sich die ältesten Reste im Jura. Als zwei weitere Unterordnungen kann man die Aphaniptera (Flöhe) und die Pupipara (Lausfliegen) betrachten, welche wahrscheinlich aus den Brachycera (vielleicht aber auch aus einer älteren Gruppe der Dipteren) durch specielle Anpassungs-Verhältnisse entstanden sind.

Sechste Ordnung der Insecten:
Lepidoptera. *Schmetterlinge.*

Diese Ordnung, welche in mehrfacher Beziehung als die vollkommenste der saugenden Insecten betrachtet werden kann, und den vorigen gegenüber eine ähnliche Stellung einnimmt, wie die Hymenopteren gegenüber den anderen Masticantien, scheint sich am spätesten von allen Insecten-Ordnungen entwickelt zu haben. Sichere fossile Reste derselben sind erst aus der Tertiärzeit bekannt. Ihre Abstammung erscheint sehr schwierig zu ermitteln, da auch diese Ordnung, gleich den vier vorhergehenden, in der Gegenwart sehr abgeschlossen erscheint und da alle verbindenden Zwischenformen und Uebergangsglieder zu anderen Ordnungen ausgestorben zu sein scheinen. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben sich die Schmetterlinge aus den Tocopteren (vielleicht aus gemeinsamer Wurzel mit den Hymenopteren oder aus diesen selbst?) entwickelt.

Vierter Stamm des Thierreichs:
Mollusca. *Weichthiere.*

Die Thiergruppe der Mollusken oder Weichthiere wird seit Bär und Cuvier von den meisten Zoologen als eine einheitliche und selbstständige Hauptabtheilung des Thierreichs angesehen, welche der der Wirbelthiere, der Articulaten etc. äquivalent ist, mithin einen selbstständigen Stamm, ein eigenes Phylon des Thierreichs darstellt. Erst neuerdings hat man diesen Stamm in zwei Hauptgruppen gespalten, welche von hervorragenden Zoologen, wie namentlich von Huxley, als zwei besondere „Typen oder Unterreiche" des Thierreichs angesehen werden und demnach zwei besonderen „Phylen" entsprechen würden: die eine dieser Hauptgruppen umfasst die Molluscoiden oder falschen Mollusken, die drei Classen der Bryozoen, Tunicaten und Spirobranchien; die andere umfasst die Mollusken im engeren Sinne, oder die echten Mollusken, die vier Classen der Rudisten (vielleicht Molluscoiden?), der Elatobranchien, Cochliden (Cephalophoren) und Cephalopoden. Nach unserer Ansicht ist es das Wahrscheinlichste, dass diese beiden Hauptgruppen nicht besondere Phylen, sondern nur Subphylen eines und desselben Mollusken-Stammes sind. Die Molluscoiden verhalten sich zu den echten Mollusken ähnlich, wie die Wür-

mer (Vermes), zu den Gliederfüssern (Arthropoden); d. h. die ersteren enthalten die niederen und unvollkommneren phyletischen Entwickelungs-Stufen, aus welchen die letztern als höhere und vollkommnere, stärker differenzirte Formen sich erst später hervorgebildet haben. Wir glauben die Organisations-Unterschiede zwischen den beiden stammverwandten Hauptgruppen hinreichend hervorzuheben, indem wir dieselben als besondere Subphylen über einander stellen. Die Molluscoiden in dem Umfange, in welchem wir dieselben hier begrenzen (die drei Classen der Bryozoen, Tunicaten und Spirobranchien) bezeichnen wir als Himategen (Mantelthiere oder Sackthiere im weiteren Sinne). Die höheren oder eigentlichen Mollusken, welche sich unter Anderem durch den Besitz einer Herz-Vorkammer und dreier Haupt-Ganglien-Paare von jenen unterscheiden, stellen wir ihnen als Otocardier (Mollusken mit Herzvorkammer) gegenüber.

Die Paläontologie der Mollusken ist in vieler Beziehung äusserst merkwürdig und lehrreich, insbesondere für die Erkenntniss des Leichtsinns und des Mangels an kritischem Urtheil, mit dem bisher gewöhnlich das paläontologische Material verwerthet worden ist. Kein einziger organischer Stamm hat eine solche ausserordentliche Masse von fossilen Resten in allen Schichten der Erdrinde, von den silurischen an, hinterlassen, als das Phylum der Mollusken, sowohl was die Anzahl der Arten, als die ungeheuren Mengen der Individuen betrifft. Und dennoch haben diese Massen von petrificirten Mollusken-Resten für ihre Phylogenie nur ein ganz untergeordnetes Interesse. Deutlicher als irgendwo tritt hier die weite Kluft zu Tage zwischen dem Werthe, welchen die empirische Paläontologie für die wissenschaftliche Phylogenie, und demjenigen, welchen sie für die praktische Geologie besitzt. Für die letztere sind die fossilen Mollusken-Reste von der allergrössten Wichtigkeit, und spielen als „Leitmuscheln", als „Denkmünzen der Schöpfung", welche die einzelnen Formationen und Systeme charakterisiren, die bedeutendste Rolle. Für die Phylogenie dagegen sind die fossilen Mollusken-Reste fast von geringerem Interesse, als diejenigen irgend einer anderen Hauptabtheilung der Organismen, die überhaupt zahlreiche Reste hinterlassen hat. Im Hinblick auf die ausserordentliche Menge und Mannichfaltigkeit ihrer fossilen Formen besitzt die Paläontologie der Mollusken für die Geologie das grösste, für die Phylogenie das geringste Interesse.

Dieser auffallende Umstand erklärt sich unserer Ansicht nach einfach daraus, dass die eigentliche Entwickelungs-Zeit des Mollusken-Stammes als Ganzen, seine Epacme, schon in die ältere archolithische Zeit fällt, welche vor der Silur-Zeit verfloss. In den silurischen Schichten, den ältesten von allen petrefactenreichen Formationen, finden wir bereits das fertige und reife Resultat des ungeheuer langen Entwickelungs-Processes, welchen die Mollusken bereits vor der silurischen Zeit müssen durchgemacht haben. Wir finden daselbst nicht nur die niederen, sondern auch bereits die vollkommenste Mollusken-Classe, die der Cephalopoden, in der reichlichsten Entwickelung vor. Viele Mollusken-Gruppen befinden sich in der Silur-Zeit offenbar bereits in der Acme, viele selbst schon in der Paracme. Diese silurischen Mollusken führen uns aber nicht, wie gewöhnlich angenommen wird, die ersten Anfänge, sondern vielmehr ein sehr spätes Entwickelungs-Stadium dieses Stammes vor Augen. Offenbar haben die Mollusken, (und gleicherweise vermuthlich auch die Coelenteraten) in der archolithischen Zeit eine ebenso hervorragende

und herrschende Stellung behauptet, wie die Arthropoden und Vertebraten von Beginn der Secundär-Zeit an. Die Blüthe der letzteren bezeichnet ebenso die secundäre und tertiäre, wie die Blüthe der ersteren die primordiale und primäre Zeit.

Diese Ansicht erscheint um so zutreffender, je mehr uns auch die vergleichende Anatomie und Ontogenie lehrt, dass der Mollusken-Stamm als Ganzes eine sehr tiefe, und unter den drei höheren (dipleuren) Thierstämmen jedenfalls die tiefste Stufe einnimmt. Besonders ist für denselben der fast gänzliche Mangel der Metameren-Bildung sehr bezeichnend. Während die Arthropoden und Vertebraten durch allgemeine und sehr reichliche Metameren-Entwickelung stets als Bionten den Rang von Personen, oder von Form-Individuen fünfter Ordnung einnehmen, bleiben die meisten Mollusken (und grade die höheren, die Otocardier, allgemein!) als Bionten auf der vierten Stufe der morphologischen Individualität, auf der des einzelnen Metameres stehen. Die Skeletbildung ist hier im Ganzen unvollkommener, als in irgend einem anderen Thierstamme, da sie sich meistens auf die Ausscheidung sehr einfach gebauter Kalkschalen beschränkt. Die Organisation des Central-Nervensystems, des Muskel-Systems etc. ist ebenfalls weit unvollkommner, als bei den Vertebraten und Arthropoden, und selbst als bei den Echinodermen.

Da die meisten äusseren Mollusken-Schalen (und nur diese sind gewöhnlich erhalten) an und für sich sehr wenige Beziehungen zu den tieferen Organisations-Verhältissen der Thiere haben, so sind dieselben nur mit grosser Vorsicht zu Schlüssen auf letztere zu verwerthen. Sehr weit entfernte Mollusken haben oft höchst ähnliche Schalen, und von zwei sehr nah verwandten Mollusken-Gattungen (z. B. *Helix* und *Arion*) besitzt oft die eine eine sehr ausgebildete, die andere gar keine Schale. Die zahlreichen nackten, aller Schalen entbehrenden Mollusken konnten gar keine fossilen Spuren hinterlassen. Und doch ist zu vermuthen, dass grade in der frühern Zeit die nackten Mollusken im Verhältniss noch weit massenhafter werden entwickelt gewesen sein, als die beschalten. Nach der gewöhnlichen Logik der Zoologen und Botaniker könnte man allerdings behaupten, dass keine nackten Mollusken vor der Jetztzeit existirten, weil wir keine fossilen Spuren von ihnen finden, und dass dieselben alle erst im Anfang der „Jetztzeit" (nach Abschluss der „Vorzeit"!) „geschaffen" worden seien!

Da der Mollusken-Stamm in der Silurzeit bereits einen so hohen Entwickelungs-Grad erreicht hatte, dass (ausser den Rudisten) alle Classen desselben, (und selbst die meisten Hauptgruppen der einzelnen Classen) neben einander existirten, so dürfen wir uns nicht wundern, dass uns die Paläontologie über deren successive Entwickelung so wenig Aufschlüsse liefert, und dass namentlich auch verbindende Zwischenformen zwischen den einzelnen Hauptgruppen hier im Ganzen seltener als sonst sind. Diese, sowie die alten gemeinsamen Stammeltern aller Mollusken, waren längst vor der Silur-Zeit schon ausgestorben. Auch die Ontogenie der Mollusken liefert uns aus diesem Grunde über ihre Phylogenie nur verhältnissmässig wenig Aufschlüsse; auch sie bezeugt vorzugsweise (namentlich in der Embryologie der Cephalopoden!) das ausserordentlich hohe Alter des Stammes. Unter diesen Umständen müssen wir die Phylogenie der Mollusken mehr aus ihrer vergleichenden Anatomie, als aus ihrer Ontogenie und Paläontologie construiren.

In kurzen Zügen stellt sich die Phylogenie der Mollusken-Classen nach unserer jetzigen Auffassung folgendermaassen dar: Am tiefsten von allen be-

kannten (!) Mollusken stehen die Bryozoen, welche wir demnach als Ausgangspunkt betrachten müssen. Aus diesen entwickelten sich als divergente Zweige einerseits die Tunicaten (welche sich nicht weiter in andere Classen fortsetzten), andrerseits die Spirobranchien, aus denen wahrscheinlich die Rudisten und die Elatobranchien entsprangen. Unter den letzteren führen die Inclusen (Pholadaceen) unmittelbar zu den Scaphopoden (Dentaliden) und durch diese zu den Pteropoden hinüber. So hat sich wahrscheinlich die höchst stehende Gruppe der mit Kopf und Zahn-Apparat versehenen Mollusken (Odontophora) aus den niedern, kopflosen und zahnlosen Mollusken (Elatobranchien und Himategen) hervorgebildet. Die beiden Classen der Odontophoren, (Cochliden und Cephalopoden) betrachten wir als zwei divergente Aeste der Pteropoden-Gruppe (Vergl. Taf. VI).

Entweder hat sich der Mollusken-Stamm als ganz selbstständiges Phylum aus einer eigenen autogonen Moneren-Form entwickelt, oder er hängt an seiner Wurzel mit anderen thierischen Stämmen zusammen. Im letzteren Falle hat er sich aller Wahrscheinlichkeit nach von den Würmern, und zwar von den Turbellarien abgezweigt (S. unten S. 413). Falls Himategen und Otocardier zwei getrennte Phylen repräsentiren sollten (was wir nicht glauben!), so würden vielleicht die ersteren durch die Bryozoen, die letzteren durch die Lipobranchien (*Rhodope!*) mit den Würmern (Turbellarien) zusammenhängen.

Erstes Subphylum der Mollusken:
Himatega, H. *Niedere Mollusken (ohne Herzohr).*

Als Himategen vereinigen wir die drei niederen und unvollkommneren Classen des Molluskenstammes: Bryozoen, Tunicaten und Spirobranchien, welche durch unvollkommneres Centralnervensystem und Circulationssystem, und speciell durch Mangel der Herzvorkammer, sich wesentlich von dem zweiten Subphylum, den Otocardiern unterscheiden. Bald werden alle drei Classen, bald nur die Bryozoen und Tunicaten, als Molluscoiden zusammengefasst. Vielleicht gehört als eine vierte Classe noch die der Rudisten hierher, welche zwischen den Spirobranchien und Elatobranchien mitten inne steht. Die Wurzel der Himategen, wie der Mollusken überhaupt, bilden die Bryozoen, von denen Tunicaten und Spirobranchien als zwei divergente Aeste ausgehen.

Erste Classe der Himategen:
Bryozoa. *Moosthiere.*

Von allen Mollusken stehen die Bryozoen hinsichtlich ihrer Gesammt-Organisation am tiefsten, wie schon der Mangel des Herzens und besonderer Sinnes-Organe, sowie überhaupt der niedere Differenzirungsgrad sämmtlicher Organsysteme beweist. Zugleich stehen dieselben von allen Mollusken den Würmern am nächsten, so dass sie selbst von vielen Zoologen gar nicht als Mollusken, sondern vielmehr als echte Würmer angesehen werden. Doch ist sowohl die Stelle des Articulaten-Stammbaums, von welchem sich die Bryozoen eventuell abgezweigt haben könnten, ganz unbekannt, als auch ihr unmittelbarer Zusammenhang mit den übrigen Mollusken-Classen sehr zweifelhaft. Am nächsten scheinen sie den Brachiopoden zu stehen, deren Larven gewissen Bryozoen sehr ähnlich sind. Innerhalb der ganzen formenreichen Classe erscheint die gesammte innere Organisation so einförmig, dass

wir daraus auf eine schon vor sehr langer Zeit (in früherer Primordial-Zeit) stattgefundene Abtrennung der Bryozoen von den übrigen Mollusken schliessen können. Die fossilen Reste von Bryozoen sind zwar schon von den ältesten Formationen an sehr zahlreich, sagen indess über die Phylogenie derselben nur sehr wenig aus, da nur die härteren, mit festeren und stark verkalkten Gehäusen versehenen Bryozoen der Fossilisation fähig sind. Von den sieben Ordnungen, in welche die Classe zerfällt wird, haben fünf Ordnungen gar keine, und nur zwei Ordnungen (Cyclostomen und Chilostomen) sehr zahlreiche fossile Reste hinterlassen. Ein sicherer Stammbaum ist daher nicht zu entwerfen. Von den beiden Subclassen, auf welche sich diese sieben Ordnungen vertheilen, *Gymnolaema* und *Phylactolaema*, sind die ersteren offenbar die älteren, aus denen sich die letzteren erst später entwickelt haben.

Erste Subclasse der Bryozoen:
Gymnolaema. *Moosthiere ohne Kragen.*

Diese Subclasse, welche an Umfang bei weitem die andere übertrifft, erscheint in jeder Beziehung als die unvollkommnere und niedriger organisirte von Beiden. Sie zerfällt in fünf Ordnungen: 1. Cyclostomata (*Centrifuginea*), 2. Ctenostomata, 3. Chilostomata (*Radicellata et Incrustata*, s. *Cellulinea*), 4. Paludicellea, 5. Urnatellea. Von diesen haben die beiden letzteren, sowie die Ctenostomen, gar keine fossilen Reste hinterlassen. Von den beiden Unterordnungen der Chilostomen haben die Radicellaten fast gar keine, nur die Incrustaten zahlreiche Petrefacten geliefert; nur die einzige Ordnung der Cyclostomen scheint ziemlich vollständig conservirt zu sein. Alle Bryozoen-Reste, von der cambrischen *Oldhamia* an bis zum Jura, gehören der Ordnung der Cyclostomen oder Centrifugineen an. Erst im Jura erscheinen die ersten vereinzelten Spuren von Chilostomen oder Cellulineen, welche in der Kreide bereits eine sehr starke Entwickelung zeigen, und gleich allen anderen bekannten Ordnungen noch jetzt am Leben sind.

Zweite Subclasse der Bryozoen:
Phylactolaema. *Moosthiere mit Kragen.*

Diese Subclasse, die höhere und vollkommnere von Beiden, hat sich offenbar erst aus der vorigen entwickelt. Sie umfasst die beiden Ordnungen der Pedicellinea (*Pedicellinida*) und der Lophopoda (*Plumatellida et Cristatellida*). Von Beiden sind fossile Reste nicht bekannt.

Zweite Classe der Himategen:
Tunicata. *Mantelthiere.*

(Synonym: *Ascidiae. Tethya. Gymnacephala. Perigymna. Xylimatia.*)

Die Tunicaten oder Mantelthiere stimmen sämmtlich durch ihre Gesammt-Organisation und durch besondere Eigenthümlichkeiten derselben so sehr unter einander überein, dass sie von allen anderen Mollusken-Classen scharf getrennt erscheinen, und eine sogenannte „gute oder natürliche" Classe bilden. Dies heisst mit anderen Worten nichts weiter, als dass wir ihre verwandtschaftliche Verkettung mit den anderen Mollusken, und namentlich ihre Vorfahren, nicht kennen. Alles deutet darauf hin, dass die Tunicaten schon sehr frühzeitig von der gemeinsamen Mollusken-Wurzel sich abgezweigt und als selbstständige isolirte Gruppe entwickelt haben. Um so mehr ist es zu

bedauern, dass grade diese, in mehrfacher Beziehung sehr ausgezeichnete Gruppe, eine von den wenigen Thierclassen ist, welche gar keine fossilen Reste hinterlassen haben. Wir sind daher bezüglich ihrer Abstammung lediglich auf die Zeugnisse der vergleichenden Anatomie und Ontogenie angewiesen. Diese lehren uns nahe Verwandtschafts-Beziehungen der Tunicaten sowohl zu den Bryozoen, als zu den Brachiopoden und Lamellibranchien. Doch sind diese Beziehungen so allgemeiner Natur, dass wir keine speciellen phylogenetischen Schlüsse darauf gründen können. Wie es scheint, haben sich die Tunicaten von dem gemeinsamen Himategen-Stamme schon sehr tief unten abgezweigt, früher als die Brachiopoden. Die Bryozoen, wie wir sie jetzt kennen, lassen sich kaum als die unmittelbaren Vorfahren der Tunicaten, wohl aber als Abkömmlinge derselben Wurzel betrachten. Auch innerhalb der Tunicaten-Classe ist der Stammbaum schwer herzustellen, da alle gegenwärtig lebenden Tunicaten (— und bloss aus diesen kennen wir die Classe! —) wohl nur spärliche Reste einer vormals sehr reich entwickelten Thiergruppe sind. Der uralten gemeinsamen Stammform aller Tunicaten scheint von den gegenwärtig lebenden die Ordnung der Appendicularien am nächsten zu stehen, von welcher als zwei divergente Hauptäste einerseits die schwimmenden, andrerseits die festsitzenden Tunicaten ausgehen. Diese beiden Subclassen, *Nectascidiae* und *Chthonascidiae*, scheinen zwei unabhängig von einander entwickelte Hauptzweige der Classe darzustellen.

Erste Subclasse der Tunicaten:

Nectascidiae. *Schwimmende Mantelthiere.*

Diese Subclasse umfasst vier verschiedene Ordnungen, nämlich: I. Copelata (Einzige Familie: Appendicularida. Genus: *Appendicularia*). II. Thaliada (Einzige Familie: Salpida. Genera: *Salpa*. *Salpella*). III. Cyclomyaria (Einzige Familie: Doliolida. Genus: *Doliolum*). IV. Luciae (Einzige Familie: Pyrosomatida. Genus: *Pyrosoma*). Wir sind gegenwärtig noch ausser Stande, die genealogischen Beziehungen dieser vier Ordnungen zu einander näher zu erörtern. Wahrscheinlich sind die drei letzten Ordnungen vereinzelte Reste von divergenten Zweigen eines fast ganz untergegangenen und früher vermuthlich reich entwickelten Nectascidien-Astes. Viel älter ist wahrscheinlich die kleine Ordnung der Copelaten, welche das einzige Genus *Appendicularia* umfasst. Sie scheint unter allen bekannten Tunicaten der ursprünglichen gemeinsamen Stammform derselben am nächsten zu stehen. Insbesondere zeigt sie mit den jüngsten Larven der Chthonascidien grosse Uebereinstimmung. Sie ist daher wahrscheinlich als ein wenig veränderter gradliniger Descendent der uralten Tunicaten-Wurzel zu betrachten, von welcher einerseits die Chthonascidien, andrerseits die übrigen Nectascidien, als zwei divergirende Aeste, ausgegangen sind.

Zweite Subclasse der Tunicaten:

Chthonascidiae. *Festsitzende Mantelthiere.*

Diese Subclasse umfasst zwei verschiedene Ordnungen: I. Monascidiae, H. mit den beiden Familien: 1. Pelonaeida (Genus: *Pelonaea*); 2. Phallusida (Ascidiae simplices: Genera: *Phallusia*, *Boltenia*, *Cynthia* etc.). II. Synascidiae, H. mit den beiden Familien: 1. Clavelinida (Ascidiae sociales: Genera: *Clavelina*, *Perophora* etc.). 2. Botryllida (Ascidiae compositae: Genera: *Botryllus*, *Leptoclinum*, *Amaru-*

cium etc.). Von diesen beiden Ordnungen sind zunächst jedenfalls die einzeln lebenden (Monascidiae) aus den Copelaten entstanden, mit welchen die jugendlichen Larven der Phallusiden noch sehr grosse Aehnlichkeit zeigen. *Pelonaea* scheint ein rückgebildeter Seitenzweig (also eine cataplastische, keine anaplastische!) Entwickelungsstufe der Monascidien-Ordnung zu sein. Die Ordnung der zu Colonieen verbundenen Synascidien ist wohl erst später aus den Monascidien entstanden, und zwar scheinen Claveliniden und Botrylliden aus mehreren, von einander ziemlich unabhängigen Seitenzweigen zu bestehen.

Dritte Classe der Himategen:
Spirobranchia. *Spiralkiemer.*

(Synonym: *Brachiopoda. Brachionopoda. Spirobrachia. Spiracephala. Brachiobranchia.*)

Die eigenthümliche Mollusken-Classe der Spirobranchien oder Brachiopoden ist uns noch gegenwärtig so wenig bekannt, dass ihre systematische Stellung, und also auch ihre genealogischen Beziehungen zu den übrigen Mollusken nur sehr unsicher zu bezeichnen sind. Nachdem man sie früher allgemein als echte Bivalven mit den Lamellibranchien vereinigt hatte, haben die neueren Untersuchungen immer sicherer herausgestellt, dass sie von diesen Mollusken sehr verschieden, viel niedriger organisirt, und dagegen den Bryozoen wahrscheinlich viel näher verwandt sind. Insbesondere ist die von Fritz Müller beobachtete Brachiopoden-Larve, welche den Bryozoen sehr ähnlich erscheint, in dieser Beziehung von grosser Bedeutung geworden. Dass die Aehnlichkeit der Spirobranchien mit den Lamellibranchien nur von sehr untergeordneter Bedeutung ist, geht schon daraus hervor, dass die beiden Schalenklappen bei den letzteren rechte und linke, bei den ersteren dorsale und ventrale sind. Die Elatobranchien erscheinen mithin lateral, die Spirobranchien dagegen dorsoventral comprimirt. Jedoch wird dadurch die Möglichkeit eines tiefer an der Wurzel stattfindenden genealogischen Zusammenhangs der beiden Classen immerhin nicht vollständig ausgeschlossen. Vielmehr erscheinen die Spirobranchien auch jetzt immer noch als das wichtigste Bindeglied zwischen den Himategen und Otocardiern, und zunächst zwischen den Bryozoen und Lamellibranchien.

Die Spirobranchien haben ihre zweiklappige Schale in solchen Massen fossil in den verschiedensten Formationen hinterlassen, dass sie für die Geologie und die ihr dienstbare Petrefacten-Kunde zu den wichtigsten Thierclassen gehören. Dagegen ist ihre Bedeutung für die Phylogenie der Mollusken trotzdem nur sehr gering. Es geht daraus bloss hervor, dass die Spirobranchien eine der ältesten Thierclassen bilden, welche bereits in der Silur-Zeit, also schon am Ende der Primordial-Zeit, die Acme ihrer phyletischen Entwickelung erreicht hatte, und von da an bis zur Jetztzeit stetig abnimmt. Von den beiden Subclassen, in welche sie zerfällt, war die niedere und unvollkommnere, die der Ecardines (*Pleuropygia*) in jener frühesten Zeit verhältnissmässig stärker entwickelt und nahm rascher ab, als die höhere und vollkommnere Subclasse, die der Testicardines (*Apygia*). Sehr interessant sind die Spirobranchien dadurch, dass mehrere ihrer Genera (soweit aus der Schale allein zu urtheilen ist!) sich fast unverändert seit der Primordial-Zeit bis jetzt erhalten haben (gleichwie *Asteracanthion* oder *Uraster* unter den Asteriden). Von den Pleuropygiern haben sich *Lingula*, *Discina* und *Crania*, von den Apygiern *Rhynchonella*, seit der Silur-Zeit bis jetzt durch alle Formationen fortgesetzt.

Erste Subclasse der Spirobranchien:
Ecardines *(Pleuropygia). Angellose.*

Diese Subclasse, welche die drei Familien der Linguliden, Disciniden und Craniaden umfasst, erscheint durch unvollkommnere Ausbildung der Nervencentren, des Herzens und des Schliess-Apparats der Schale als niedere und unvollkommnere, trotzdem sie sich durch den Besitz eines Afters über die folgende erhebt. Sie nähert sich einerseits mehr den Bryozoen, andererseits mehr den Lamellibranchien, als die folgende Subclasse, und steht also wahrscheinlich der gemeinsamen Stammform der Spirobranchien und Lamellibranchien viel näher, als die folgende, welche wohl erst in späterer archolithischer Zeit aus ihr entstanden ist. Die Pleuropygier sind in den cambrischen und silurischen Schichten relativ weit zahlreicher als die Apygier vertreten, und nehmen in der Folgezeit weit rascher, als diese ab.

Zweite Subclasse der Spirobranchien:
Testicardines. *(Apygia.) Angelschalige.*

Diese Subclasse umfasst die beiden Ordnungen der Lineicardines (Familien der Calceoliden und Productiden) und der Denticardines (Familien der Chonetiden, Strophomeniden, Rhynchonelliden, Spiriferiden und Terebratuliden), von denen die letzte wahrscheinlich ebenso als eine höhere Entwickelungsstufe aus der ersteren, wie diese aus der vorigen Subclasse hervorgegangen ist. Die Lineicardines sind ausschliesslich auf die primordiale und primäre Zeit beschränkt, beginnen im Cambrischen, erreichen im Carbon ihre Acme und hören im Perm bereits auf. Die Denticardines kommen zwar auch schon in der cambrischen Formation vor und erreichen in der Silur-Zeit ihre Acme, gleich den Ecardines. Allein sie nehmen langsamer ab und erhalten sich bis in die Jetztzeit stärker als die letzteren.

Zweites Subphylum der Mollusken:
Otocardia. *Höhere Mollusken (mit Herzohr).*

Als Otocardier fassen wir hier die vier höheren Mollusken-Classen, die Rudisten, Elatobranchien (Lamellibranchien), Cochliden (Cephalophoren) und Cephalopoden zusammen, welche man auch wohl als „eigentliche oder echte Mollusken" den Himategen oder Molluscoiden gegenüber zu stellen pflegt. Als eine vollkommnere und höhere Organisations-Stufe erscheinen die Otocardier (im Gegensatz zu den Himategen) insbesondere durch ihr Centralnervensystem, welches stets mindestens drei getrennte Ganglien-Paare besitzt (Ganglion cephalicum, G. pedale, G. parietosplanchnicum), und durch ihr Herz, welches stets aus Kammer und Vorkammer besteht. Im Uebrigen zeigen die vier Classen der Otocardier eben so wenig festere Beziehungen als die drei Classen der Himategen, und hier wie dort ist daher der Stammbaum schwer herzustellen. Zweifelsohne haben sich die Otocardier erst später aus den Himategen entwickelt, welche in einem sehr grossen Theile der Primordial-Zeit allein den Mollusken-Stamm repräsentirt haben müssen. Indessen ist offenbar die Divergenz aller Mollusken-Classen schon so frühzeitig vor der cam-

brischen und silurischen Zeit (wahrscheinlich in der laurentischen Zeit) erfolgt, dass wir in den silurischen und selbst in den cambrischen Petrefacten des Mollusken-Stammes bereits das fertige Resultat jener Divergenz vor uns sehen. Das Subphylum der Otocardier zerfällt naturgemäss in zwei Claden oder Stammäste, von denen der eine (Anodontoda) die beiden Classen der Rudisten und Elatobranchien, der andere (Odontophora) die beiden Classen der Cochliden (Cephalophoren) und der Cephalopoden umfasst.

Erster Cladus der Otocardier:
Anodontoda. *Zahnlose Otocardier.*

Von den vier Classen der Otocardier stehen die kopflosen und zahnlosen Anodontoden (Rudisten und Elatobranchien) im Ganzen viel niedriger und den Himategen, insbesondere den Spirobranchien viel näher, als die Odontophoren, welche wahrscheinlich erst viel später von ihnen sich abgezweigt haben. Unter den Spirobranchien zeigen die tiefsten und unvollkommensten Formen, insbesondere *Lingula*, die meisten Beziehungen zu den Anodontoden und stehen wohl den gemeinsamen Stammformen derselben am nächsten. Von den Rudisten ist es selbst noch zweifelhaft, ob dieselben nicht wirklich echte Spirobranchien, und mithin Himategen sind.

Erste Classe der Anodontoden:
Rudista. *Rudisten.*

Diese Mollusken-Classe erscheint hinsichtlich ihrer Structur und Entwickelung als eine der räthselhaftesten Thiergruppen. Plötzlich in dem oberen Neocom der Kreide auftretend, bleiben sie ausschliesslich auf die Kreidezeit beschränkt. Aus den Schalen, welche wir allein kennen, lässt sich kein bestimmter Schluss auf die Organisation des darin eingeschlossenen Thieres ziehen, und es ist namentlich noch ganz unsicher, ob dasselbe nähere Verwandtschaft zu den Spirobranchien oder zu den Elatobranchien besitzt. Fast ebenso viele und bedeutende zoologische Autoritäten haben sich für die erstere als für die letztere Classe ausgesprochen. Unter diesen Umständen erscheint es das Sicherste, die Rudisten als eine besondere Classe aufzufassen, welche einen ganz eigenthümlichen und nur kurze Zeit persistirenden Seitenzweig, entweder der Spirobranchien oder der Elatobranchien darstellt; unter letzteren stehen ihnen die Chamaceen am nächsten. Sollten sie sich direct aus den Spirobranchien entwickelt haben, so würden sie wahrscheinlich nicht den Otocardiern, sondern den Himategen einzureihen sein. Unter sich zeigen alle Rudisten so viel Uebereinstimmung, dass man sie kaum in Ordnungen oder Familien eintheilen kann. Gewöhnlich werden jetzt drei Gruppen unterschieden: I. Hippuritida (*Hippurites*); II. Caprinulida (*Caprinula*); III. Radiolitida (*Radiolites*). Alle drei Gruppen finden sich ausschliesslich in der Kreide, vom Neocom bis zur Weisskreide hinauf.

Zweite Classe der Anodontoden:
Elatobranchia. *Blattkiemer.*

(Synonym: *Lamellibranchia. Elatacephala. Pelecypoda. Cormopoda. Conchifera.*)

Die Blattkiemer treten zwar, gleich den Spiralkiemern, auch schon im Silur mit zahlreichen Arten auf, zeigen indessen, im Gegensatz zu letz-

teren, im Grossen und Ganzen eine beständige Zunahme bis zur Jetztzeit. Die drei Hauptabtheilungen derselben, Integripalliaten, Sinupalliaten und Inclusen, liefern sowohl in ihrem gegenseitigen Verhalten, als in dem ihrer einzelnen Abtheilungen, ausgezeichnete Beweise für das Fortschritts-Gesetz, wie insbesondere Bronn nachgewiesen hat. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben sich die Elatobranchien schon lange vor der Silurzeit von den Spirobranchien, und zwar wahrscheinlich von den Pleuropygiern abgezweigt.

Erste Subclasse der Elatobranchien:

Integripalliata *(Asiphonia)*. *Ganzmantelige Blattkiemer.*

Diese Abtheilung umfasst die zahlreichsten, darunter alle niedrigeren und unvollkommneren Lamellibranchien, ohne Mantelbucht, und meistens auch ohne entwickelte Siphonen: die neun Ordnungen der Ostreaceen, Aviculaceen, Aetheriaceen, Mytilaceen, Arcaceen, Lyriodontaceen, Najadeen, Lucinaceen und Cyprinaceen. Sie ist die älteste von den drei Subclassen, herrscht in der silurischen und palaeolitischen Zeit ganz überwiegend vor, erreicht ihre Acme in der Secundär-Zeit, und nimmt von der Eocen-Zeit an rasch bis zur Jetztzeit ab. Die Ostreaceen (insbesondere die Anomiaden) schliessen sich von Allen zunächst an die Spirobranchien an.

Zweite Subclasse der Elatobranchien:

Sinupalliata *(Siphoniata)*. *Buchtmantelige Blattkiemer.*

Diese Abtheilung enthält die höheren und vollkommneren Blattkiemer, mit Mantelbucht und mit gut entwickelten Siphonen: die drei Ordnungen der Veneraceen, Myaceen und Solenaceen. Sie ist jünger, als die vorige, älter, als die folgende Subclasse. Sie hat sich erst später aus den Integripalliaten entwickelt. In der silurischen und palaeolitischen Zeit nur durch einzelne wenige Repräsentanten vertreten, nimmt sie in der Secundär-Zeit allmählich zu und erreicht ihre stärkste Entwickelung in der Tertiär-Zeit und in der Gegenwart. Durch die Solenaceen schliesst sie sich unmittelbar an die Pholadaceen an.

Dritte Subclasse der Elatobranchien:

Inclusa *(Tubicolae)*. *Röhrenbewohnende Blattkiemer.*

Diese Abtheilung umfasst nur die eine Ordnung der Pholadaceen, mit den drei Familien der Clavagelliden, Pholadiden und Terediniden. Von allen drei Subclassen der Lamellibranchien ist sie die vollkommenste, und demgemäss auch die jüngste. Sie fehlt in der Primärzeit ganz, tritt zum ersten Male in der Secundärzeit, jedoch noch spärlich auf, und nimmt erst in der Tertiärzeit mehr zu, bis zur Gegenwart. Durch *Teredo* schliesst sie sich unmittelbar an die Scaphopoden (*Dentalium*) und somit an die Otocardier an.

Zweiter Cladus der Otocardier:

Odontophora. *Bezahnte Otocardier.*

Dieser Cladus enthält die höchst entwickelten Weichthiere, die Cephalophoren oder Kopf-Mollusken (Cephalota) im weiteren Sinne, welche sich durch den Besitz eines Kopfes und insbesondere einer Bezahnung von allen vorhergehenden Mollusken unterscheiden. Es gehören hierher

die beiden Classen der Schnecken (*Cochlides*) und der Dintenfische (*Cephalopoda*). Von diesen haben sich die letzteren jedenfalls aus tiefstehenden Gliedern der ersteren, sowie diese wahrscheinlich aus den höchsten Gliedern der Elatobranchien entwickelt. Doch ist auch hier, wie bei allen Mollusken, die specielle Genealogie zweifelhaft.

Erste Classe der Odontophoren:
Cochlides. *Schnecken.*

(Synonym: *Cephalophora. Gasteropoda. Cochli. Cochleae. Cochlaceae*)[1].

Die äusserst vielgestaltige und umfangreiche Classe der Schnecken oder Cochliden bietet hinsichtlich ihrer Genealogie noch grössere Schwierigkeiten, als die übrigen Mollusken-Gruppen dar. Zwar zeigen ihre verschiedenen Abtheilungen mehrfache Berührungspunkte unter einander und mit anderen Gruppen; indessen lässt sich daraus keineswegs ein irgend sicherer Stammbaum herstellen. Die Scaphopoden (*Dentalium*) schliessen sich von allen zunächst an die Elatobranchien, als die nächstniedere Mollusken-Classe an. Dagegen sind gewisse Lipobranchien (*Rhodope* etc.) kaum von niederen Plattwürmern (Turbellarien) zu unterscheiden. Eine der ältesten Gruppen unter den uns bekannten Cochliden scheinen die Pteropoden zu sein, welche wir mit den nächstverwandten Scaphopoden als Perocephala zusammenfassen. Von den Pteropoden scheinen als zwei divergente Hauptzweige einerseits die übrigen Cochliden, andererseits die Cephalopoden ausgegangen zu sein. Unter den übrigen Schnecken, welche wir wegen ihres höher differenzirten Kopfes als Delocephala den Perocephalen gegenüberstellen, treten als zwei Hauptgruppen (Legionen) die Lungenschnecken (*Pneumocochli*) den Kiemenschnecken (*Branchiocochli*) gegenüber. Erstere haben sich erst spät aus den letzteren entwickelt.

Erste Subclasse der Schnecken:
Perocephala, H. *Stummelköpfe.*

In dieser Subclasse vereinigen wir die beiden naheverwandten Legionen der Scaphopoden und Pteropoden, von denen die ersteren den unmittelbaren Uebergang von den Elatobranchien zu den Cochlen, die letzteren dagegen den Ausgangspunkt sowohl für die Delocephalen als für die Cephalopoden bilden.

Erste Legion der Perocephalen:
Scaphopoda. *Schaufelschnecken.*

(Synonym: *Solenoconchae. Prosopocephala. Cirrobranchia. Dentalida.*)

Diese Legion wird nur durch die einzige Familie der Dentaliden, mit den beiden Sippen *Dentalium* und *Siphonodentalium* gebildet. Es sind die unvollkommensten aller Schnecken, welche den Elatobranchien (und speciell den Teredinen) am nächsten stehen, so dass sie selbst von Vielen als eine besondere Classe der Blattkiemer betrachtet werden. In der That zeigen sie eine so vollständige Vermischung von Charakteren der Elatobranchien (namentlich der Pholadaceen) einerseits, und der Cochliden (speciell der Pteropoden) andererseits, dass wir sie als gradlinige und wenig verän-

[1]) κοχλίς, ἡ oder κόχλος, ὁ die Schnecke; *Cochlea.*

derte Nachkommen der uralten Uebergangsform von den Elatobranchien zu den Cochliden betrachten dürfen. Ihre ältesten fossilen Reste, die man kennt, sind im Devon gefunden worden.

Zweite Legion der Perocephalen:
Pteropoda. (*Coponautae*). *Flügelschnecken.*

Diese Legion scheint unter allen Cochlen, von den Scaphopoden abgesehen, die tiefste Stufe einzunehmen, und enthält in ihren gegenwärtigen Repräsentanten wahrscheinlich nur wenig veränderte Nachkommen von den uralten Stammschnecken, aus denen sich als zwei divergirende Zweige einerseits die Delocephalen, andererseits die Cephalopoden entwickelt haben. Wahrscheinlich haben sich die Pteropoden entweder unmittelbar aus den Scaphopoden, oder doch aus gemeinsamer Wurzel mit diesen entwickelt. Die Paläontologie lässt uns auch hier wieder im Stich. Zwar werden allgemein eine Menge angeblicher Pteropoden-Schalen aus den silurischen und aus allen paläolithischen Formationen angeführt (während dieselben in allen mesolithischen Bildungen gänzlich fehlen sollen!). Indessen sind die Gründe, auf welche hin man jene Schalen gerade den Pteropoden zugeschrieben hat, nur schwacher Natur, und sie gehören vielleicht ganz anderen Organismen an. Von den beiden Ordnungen, in welche man die Legion zerfällt hat, scheinen die Gymnosomata (*Clioidea*), welche wegen Mangels einer Schale überhaupt keine fossilen Reste hinterlassen konnten, die älteren, niederen und unvollkommneren zu sein, aus denen sich die beschalten Thecosomata (*Cymbulida*, *Hyalaeida*, *Limacinida*) erst später entwickelt haben. Von diesen letzteren konnten die Cymbuliden, mit knorpelähnlicher, nicht verkalkter Schale, ebenfalls nicht conservirt werden. Es konnten also bloss Hyalaeiden und Limaciniden erhalten bleiben. Die zahlreichen silurischen und paläolithischen Schalen sind aber von diesen so sehr verschieden, dass man sie nicht mit Sicherheit denselben anschliessen kann.

Zweite Subclasse der Schnecken:
Delocephala, H. *Kopfschnecken.*

Diese Subclasse umfasst sämmtliche Schnecken, nach Ausschluss der Pteropoden und Scaphopoden, von denen sie sich durch den deutlich entwickelten Kopf und überhaupt einen höheren Grad der Differenzirung wesentlich unterscheiden. Vermuthlich sind alle Delocephalen erst später aus den Perocephalen hervorgegangen, welche anfangs allein die Cochliden-Classe vertraten. Wir theilen die Delocephalen in zwei Legionen: Branchiocochli (Kiemenschnecken) und Pneumocochli (Lungenschnecken) von denen sich die letzteren ebenso aus den ersteren, wie diese aus den Pteropoden entwickelt haben.

Erste Legion der Delocephalen:
Branchiocochli, H. (*Branchiogasteropoda*). *Kiemenschnecken.*

Diese Legion enthält den bei weitem grössten Theil der ganzen Schnecken-Classe, nämlich die drei grossen Gruppen der Opisthobranchien, Prosobranchien und Heteropoden, von denen wir die beiden letzteren nebst den Chitoniden als Opisthocardier zusammenfassen. Diese haben sich je-

denfalls erst später aus den Opisthobranchien entwickelt, welche zunächst aus den Pteropoden hervorgegangen sind.

Erste Sublegion der Kiemenschnecken:
Opisthobranchia. *Hinterkiemer*.

Von allen Delocephalen enthält diese Gruppe die niedersten und unvollkommensten Formen, welche sich zunächst an die Pteropoden anschliessen, und wohl direct von diesen abstammen. Sie theilen mit ihnen die sehr einfache Zwitterbildung, die Opisthobranchien-Circulation und andere niedrige Organisations-Verhältnisse. Es gehören hierher drei Ordnungen: I. Lipobranchia, H. oder Fehlkiemer (*Rhodopida*, *Pontolimacida*, *Phyllirrhoida*, *Elysida*). II. Notobranchia oder Rückenkiemer (*Cerabranchia*, *Cladobranchia*, *Pygobranchia*). III. Pleurobranchia oder Seitenkiemer (*Dipleurobranchia*, *Monopleurobranchia*). Von diesen drei Ordnungen haben sich wahrscheinlich die beiden letzteren als divergente Zweige aus der ersteren, vielleicht aber auch die Pleurobranchien aus den Notobranchien, wie diese aus den Lipobranchien entwickelt. Doch können die letzteren auch wohl eine, durch specielle Anpassungen rückgebildete Gruppe darstellen. Die auffallend nahe Verwandtschaft einiger Lipobranchien (*Rhodope*) mit niederen Plattwürmern (Turbellarien) ist höchst merkwürdig, beruht indessen wahrscheinlich mehr auf Analogie (Anpassung an ähnliche Existenz-Bedingungen), als auf Homologie (wirklicher Blutsverwandtschaft). Die Paläontologie berichtet uns über die Entwickelung der Prosobranchien, welche wir für die ältesten von allen Delocephalen halten, so gut wie Nichts, da die meisten Schnecken dieser Sublegion keine erhaltbaren Schalen besassen. Einzelne hierher gerechnete Schalen werden fast in allen Formationen, von der silurischen an, aufgeführt. Vermuthlich war diese Gruppe in der archolithischen und paläolithischen Zeit sehr reichlich entwickelt. Als zwei divergente Aeste haben sich aus den Opisthobranchien wahrscheinlich einerseits die Opisthocardier und andererseits die Pneumocochlen hervorgebildet.

Zweite Sublegion der Kiemenschnecken:
Opisthocardia, H. *Hinterherzen*.

Diese Abtheilung besteht aus der äusserst umfangreichen Ordnung der Prosobranchien und den beiden kleinen Ordnungen der Entomocochlen und der Heteropoden, welche in ihrer wesentlichen Organisation so nahe verwandt sind, dass wir sie nicht getrennt lassen können. Die Kielfüsser oder Heteropoden, welche sich in die beiden Familien der Pterotracheaceen und Atlantaceen spalten, scheinen uns nur einen einzelnen Seitenzweig der auf dem Boden kriechenden Prosobranchien darzustellen, welcher sich durch Anpassung an schwimmende pelagische Lebensweise eigenthümlich verändert hat. Unter den Vorderkiemern oder Prosobranchien bildet die Hauptmasse die äusserst formenreiche Unterordnung der *Taenioglossa*, an welche sich als divergente Zweige die kleineren Unterordnungen der *Toxoglossa*, *Rhachiglossa*, *Ptenoglossa* und *Rhipidoglossa* (*Aspidobranchia*) anschliesen. Einen besondern Seitenzweig bildet die eigenthümliche Unterordnung der *Cyclobranchia* (*Patellida*), welche von allen bekannten Schnecken sich am nächsten an die eigenthümliche Ordnung der Entomocochli (*Chitonida*) anschliesst.

Letztere ist vielleicht ein isolirter Ueberrest einer vormals reich entwickelten Schnecken-Gruppe, die möglicherweise sehr tief unten von dem gemeinsamen Opisthocardier-Stamme sich abgezweigt hat. Die harten Kalkschalen, welche die allermeisten Opisthocardier besitzen, sind in den Erdschichten von der silurischen Formation an zahlreich erhalten worden. Es ergiebt sich daraus eine stetige Zunahme dieser Sublegion von der silurischen bis zur Jetztzeit.

Zweite Legion der Delocephalen:

Pneumocochli, H. (*Pulmogasteropoda*) *Lungenschnecken.*

Diese Legion, weit kleiner, als die vorhergehende, umfasst nur die einzige Ordnung der Pulmonaten oder Lungenschnecken, zu welcher der bei weitem grösste Theil aller landbewohnenden Schnecken gehört. Sie ist zusammengesetzt aus den Familien der Auriculiden, Limnaeiden, Peroniaden, Veronicelliden, Janelliden, Limaciden, Testacelliden und Heliciden. Diese Legion hat sich am spätesten von allen Schnecken-Gruppen entwickelt, wie sie denn auch in mehrfacher Beziehung als die höchste und vollendetste erscheint. Die ersten, jedoch vereinzelten Reste derselben finden sich in den untersten Kreideschichten (in der Wälderformation); alle hier befindlichen Pulmonaten sind Süsswasserbewohner (*Planorbis*, *Lymnaeus*, *Physa* etc.). Erst in der Anteocen-Zeit scheinen dieselben zum Landleben übergegangen zu sein. Schon in den Eocen-Schichten treffen wir zahlreiche landbewohnende Pulmonaten an, welche von nun an durch alle tertiären Schichten hindurch bis zur Jetztzeit zunehmen. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben sich die Pneumocochlen nicht aus den gonochoristischen Prosobranchien, sondern aus den hermaphroditischen Opisthobranchien entwickelt.

Zweite Classe der Odontophoren:

Cephalopoda. *Dintenfische.*

Die Classe der Cephalopoden, welche (in scheinbarem Widerspruch mit dem Fortschritts-Gesetz) bereits in der Silurzeit als eine vielgestaltig entwickelte Gruppe auftritt, und von da an bis zur Jetztzeit allmählich abnimmt, obschon sie die vollkommenste aller Mollusken-Classen ist, beweist uns deutlich das hohe Alter des Mollusken-Stammes, welcher bereits in der archolithischen Zeit seine eigentliche Entwickelung, und schon gegen Ende dieser Zeit die Acme derselben erreicht hatte. Allem Anscheine nach haben sich die Cephalopoden (unabhängig von den Delocephalen) aus den Pteropoden entwickelt, welche ihnen von allen Mollusken am nächsten stehen. Von den beiden Subclassen, in welche die Classe zerfällt, Tetrabranchiaten und Dibranchiaten, scheinen die ersteren sehr lange Zeit hindurch, von der cambrischen bis zur Jura-Zeit, allein die ganze Classe vertreten zu haben, und erst in der Antejura-Zeit haben sich die letzteren aus ihnen entwickelt.

Erste Subclasse der Cephalopoden:

Tetrabranchia (*Tentaculifera*). *Vierkiemige Cephalopoden.*

Diese Subclasse enthält die niederen und unvollkommneren Cephalopoden, welche sich zunächst aus den Pteropoden in der archolithischen Zeit entwickelt haben. Sie zerfällt in die beiden Ordnungen der Nauti-

liden und Ammonitiden. Die Nautiliden als die ältesten von Allen beginnen bereits im cambrischen System und nehmen vom silurischen System an allmählich ab, setzen sich jedoch mit einem Genus (*Nautilus*) durch alle Formationen bis zur Gegenwart fort. Die Ammonitiden haben sich wahrscheinlich erst aus den Nautiliden während der antesilurischen oder silurischen Zeit entwickelt, bleiben in der ganzen paläolithischen Zeit sehr spärlich und erreichen erst in der Jura-Zeit eine sehr starke, und in der Kreide-Zeit die stärkste Entwickelung, worauf sie in der Anteocen-Zeit völlig aussterben. Aus der ganzen Tertiär-Zeit sind keine fossilen Ammonitiden bekannt.

Zweite Subclasse der Cephalopoden:
Dibranchia (*Acetabulifera*). *Zweikiemige Cephalopoden.*

Diese Subclasse enthält die höheren und vollkommneren Cephalopoden, welche sich aus den Tetrabranchien erst in der mesolithischen Zeit, wahrscheinlich erst in der Antejura-Zeit (vielleicht auch schon in der Trias-Zeit) entwickelt haben. Sie zerfällt in die beiden Ordnungen der Decabrachien und Octobrachien. Die Decabrachien (Belemnitiden, Spiruliden, Sepiaden und Teuthiden) haben die Subclasse während der Secundär-Zeit wohl allein vertreten, beginnen im Jura (vielleicht schon in der Trias?) und erreichen ebendaselbst (oder in der Kreide?) ihre Acme, worauf sie in der Teritär-Zeit abnehmen. Von den Octobrachien (Cirroteuthiden, Eledoniden, Philonexiden), welche meistens keine harten, der fossilen Erhaltung fähigen Theile besitzen, kennt man nur vereinzelte Reste (*Argonanta*) aus mittlern und neuern Tertiär-Schichten. Vielleicht haben sie sich als die vollkommensten Cephalopoden erst in der Tertiär-Zeit aus den Decabrachien entwickelt.

Fünfter Stamm des Thierreichs:
Vertebrata. *Wirbelthiere.*

Das Phylum der Wirbelthiere ist in sehr vielen Beziehungen der wichtigste und interessanteste Stamm, nicht allein im Thierreiche, sondern unter allen Organismen. Da der Mensch selbst, als der vollkommenste und höchste aller Organismen, Nichts weiter ist, als ein einzelnes, sehr junges Aestchen dieses Stammes, und da die Beweise, welche die vergleichende Anatomie und Ontogenie für die Wirbelthier-Natur des Menschen liefert, auch von denjenigen nie bestritten werden konnten, welche seine Abstammung von andern Vertebraten auf das Hartnäckigste leugneten, so musste das Phylum der Vertebraten schon aus diesem Grunde seit den ältesten Zeiten die besondere Aufmerksamkeit auf sich ziehen, und wir kennen seine gesammte Anatomie, Ontogenie und Phylogenie besser, als diejenige irgend einer anderen Abtheilung der drei organischen Reiche.

Die Paläontologie liefert uns über die Phylogenie der Wirbelthiere äusserst zahlreiche und wichtige Aufschlüsse. Zwar sind die fossilen Reste der Wirbelthiere nicht entfernt so massenhaft erhalten als diejenigen der Mollusken und Echinodermen. Auch konnten sehr viele und namentlich niedere Wirbelthiere, wegen Mangels eines festen Skelets, oder (wie die Vögel) wegen dessen Zerbrechlichkeit keine oder nur wenige Spuren hinterlassen; und offenbar geben alle bekannten fossilen Wirbelthier-Reste zusammengenommen nur eine sehr schwache Vorstellung von dem Formen-

reichthum des Stammes in der vormenschlichen Zeit Dennoch sind diese Reste als Fingerzeige von der grössten Bedeutung, und sehr oft schon hat ein einzelner Zahn, ein einzelner Knochen, eine einzelne Schuppe eines Wirbelthiers uns über Alter und Phylogenie einer ganzen Gruppe die wichtigsten Aufschlüsse gegeben. Diese ausserordentlich hohe Bedeutung der fossilen Vertebraten-Reste ist vorzüglich darin begründet, dass die erhaltenen Theile allermeistens Stücke des inneren Skelets sind, eines morphologisch höchst wichtigen Organ-Systems, welches in den meisten Fällen besser als irgend ein anderes System des Körpers die Verwandtschafts-Verhältnisse und die systematische Stellung des Wirbelthiers erläutert. Nur die Echinodermen können sich in dieser Beziehung den Vertebraten vergleichen. Freilich sind auch die Schwierigkeiten, welche sich der Erkenntniss der fossilen Vertebraten-Skelete entgegenstellen, sehr bedeutende, zumal nur selten ganze zusammenhängende Skelete, meistens nur einzelne abgetrennte Skelettheile erhalten sind.

Wenn nun schon die Paläontologie uns für die Bildung der genealogischen Hypothesen, durch welche allein wir die Phylogenie der Vertebraten construiren können, die wichtigsten empirischen Grundlagen liefert, so gilt dies doch in fast noch höherem Maasse von der vergleichenden Anatomie und Ontogenie der Wirbelthiere, und insbesondere von der letzteren. Nirgends so wie bei den Vertebraten, wird die ausserordentlich hohe Bedeutung völlig klar, welche die dreifache genealogische Parallele, der causal-mechanische Parallelismus zwischen der phyletischen, biontischen und systematischen Entwickelungsreihe besitzt (vergl. unten S. 371). Es würde uns unmöglich sein, den äusserst wichtigen und interessanten Stammbaum der Wirbelthiere so, wie wir es auf den folgenden Seiten versuchen, zu construiren, wenn nicht die Paläontologie, die Embryologie und die vergleichende Anatomie (die anatomisch begründete Systematik) sich gegenseitig in der ausgezeichnetsten Weise erläuterten, und als drei parallele Entwickelungs-Stufenleitern ergänzten. Weder allein die Paläontologie, noch allein die Embryologie (Ontogenie), noch allein die vergleichende Anatomie (Systematik) der Wirbelthiere, vermag uns ihre Phylogenie herzustellen, während dies durch die denkende Benutzung und vergleichende Synthese jener drei parallelen und durch den innigsten Causalnexus verbundenen Erscheinungsreihen in der überraschendsten und lehrreichsten Weise möglich wird. Da nun in der Regel die Paläontologen Nichts von Embryologie, und nur sehr Wenig von vergleichender Anatomie, die Embryologen und die vergleichenden Anatomen Nichts oder nur sehr Wenig von Paläontologie verstehen, so erklärt sich hieraus hinreichend, warum bisher noch so wenige Versuche gemacht sind, die offen da liegenden Fäden der Wirbelthier-Entwickelung zu dem Gewebe ihres Stammbaums zu verknüpfen, und warum die hierauf zielenden trefflichen Bemühungen von Gegenbaur und Huxley (s. unten S. 277. Anm.) bisher so isolirt dastehen. Keine andere Gruppe von Organismen zeigt so klar, wie diejenige der Vertebraten, dass nur die gründliche Kenntniss und die denkende Vergleichung ihrer paläontologischen (phylogenetischen), embryologischen (ontogenetischen) und systematischen (anatomischen) Entwickelung uns das volle Verständniss der Gruppen und ihrer Entstehung eröffnet.

Im vollen Gegensatze zu den Mollusken sind die Wirbelthiere eine verhältnissmässig erst spät entwickelte Thiergruppe. Von allen thierischen Stämmen ist das Phylum der Vertebraten, wie der höchste und vollkommenste, so auch der späteste und jüngste. Erst in der Tertiär-Zeit erreicht er seine volle Blüthe und befestigt die in der Secundär-Zeit errungene Herrschaft über alle übrigen Organismen. Die Entwickelung der grösseren und kleineren Gruppen liegt, im Grossen und Ganzen betrachtet, hier ausserordentlich klar vor Augen, und liefert sowohl im Ganzen, als im Einzelnen die glänzendsten Beweise für das Fortschritts-Gesetz. Aus der ganzen archolithischen Zeit kennen wir von den Vertebraten Nichts, als aus dem allerletzten Abschnitt derselben (aus der jüngsten Silur-Zeit) einige wenige Spuren von Fischen (Selachiern und Ganoiden). In der ganzen paläolithischen Zeit, vom Antedevon bis zum Perm, kennen wir fast ausschliesslich Fische (Selachier und Ganoiden). Erst in der Kohle treten die ersten vereinzelten landbewohnenden Wirbelthiere, und zwar gepanzerte Amphibien (Ganocephalen) auf, und erst im Perm die ersten amniotischen Vertebraten, einige eidechsenähnliche Reptilien (*Proterosaurus* und *Rhopalodon*). In der Secundär-Periode ist der Stamm ganz vorwiegend durch die Reptilien vertreten, an deren Stelle in der Tertiär-Zeit die Säugethiere treten. Doch beginnt die Entwickelung der niederen Säugethiere aus den Amphibien, sowie die Entwickelung der Vögel aus den Reptilien, bereits zu Anfang oder gegen die Mitte der mesolithischen Zeit, woselbst auch die ersten Knochenfische (Teleostier) auftreten. Monodelphe Säugethiere sind mit Sicherheit erst aus der Tertiär-Zeit bekannt, gegen deren Ende wahrscheinlich bereits (oder vielleicht auch erst im Beginn der Quartär-Zeit) der wichtigste Schritt in der phyletischen Wirbelthier-Entwickelung geschah, die Umbildung des Affen zum Menschen.

Die Phylogenie der Wirbelthiere, wie sie uns so durch die Paläontologie in ihren Grundzügen skizzirt wird, erhält nun die werthvollsten Ergänzungen durch die Resultate der vergleichenden Anatomie und Embryologie. Hieraus lässt sich folgender Entwickelungsgang unseres Stammes entwerfen: Zuerst, in früherer archolithischer Zeit, war aller Wahrscheinlichkeit nach das Vertebraten-Phylum bloss durch Leptocardier repräsentirt, von denen uns der einzige lebende *Amphioxus* noch Kunde giebt. Aus diesen entwickelten sich (innerhalb oder vor der Silur-Zeit) die echten Fische (vielleicht zunächst aus den Monorrhinen oder Marsipobranchien, die aber vielleicht auch einen selbstständig auslaufenden Zweig der Leptocardier darstellen). Die ältesten echten Fische waren Selachier und zwar wahrscheinlich den Haifischen (Squalaceen) nächstverwandt. Aus diesen entsprangen fünf divergente Zweige, die drei Gruppen der Chimären, Rajaceen und Dipneusten (welche sich weiter nicht bedeutend differenzirten), und die beiden Gruppen der Ganoiden und Phractamphibien, von denen erstere den Teleostiern, letztere den übrigen Amphibien (Lissamphibien) den Ursprung gaben. Aus den Amphibien entstanden (wahrscheinlich in der Perm-Zeit) die ersten Amnioten, eidechsenartige Reptilien (Tocosaurier). Aus diesen ersten Reptilien entsprangen dann als vier divergirende Zweige die Hydrosaurier, Dinosaurier, Lepidosaurier und Rhamphosaurier, von denen die letzteren den Vögeln den Ursprung gaben. Die Säugethiere dagegen entwickelten sich wahrscheinlich unabhängig von den Reptilien, unmittelbar aus den Amphibien, oder hingen nur unten an der Wurzel mit den ältesten Reptilien zusammen.

Der erste Ursprung der Wirbelthiere ist noch in tiefes Dunkel gehüllt, da ihre ältesten und unvollkommensten Repräsentanten, die Leptocardier, obwohl sehr niedrig organisirt, dennoch offenbar bereits das Resultat eines sehr langen phyletischen Entwickelungs-Processes sind. Die Meisten werden vielleicht geneigt sein, eine besondere autogone Moneren-Form als ersten Anfang das Vertebraten-Phylum anzunehmen und dieses mithin für völlig selbstständig anzusehen. Nach unserem Dafürhalten ist es wahrscheinlicher, dass die ältesten Wirbelthiere (noch tief unter dem *Amphioxus* stehend) aus Würmern, und zwar aus Nematelminthen sich entwickelt haben. In diesem Falle würden die Sagitten (Chaetognathen) und demnächst die Nematoden, unsere nächsten Verwandten unter den wirbellosen Thieren sein (vergl. oben S. LXXXII und unten S. 414). Man könnte vielleicht auch die anatomischen „Verwandtschaftsbeziehungen", welche zwischen den Vertebraten einerseits und den Mollusken und Arthropoden andererseits bestehen, in genealogischem Sinne verwerthen wollen. Insbesondere könnte hierbei die Aehnlichkeit des Kiemenkorbes der Leptocardier und Tunicaten, die Aehnlichkeit des Rückenmarks der Vertebraten und des Bauchmarks der Arthropoden und andere derartige (namentlich histologische) Aehnlichkeiten in Frage kommen. Indessen halten wir diese doch nur für Analogieen, nicht für wahre Homologieen.

Erstes Subphylum der Wirbelthiere:
Leptocardia. *Röhrenherzen.*

Einzige Classe der Leptocardier:
Acrania. *Schädellose.*

Der erste Unterstamm des Vertebraten-Phylum wird durch die einzige Classe der Schädellosen (*Acrania*) oder Gehirnlosen (*Anencephala*) gebildet, welche man wegen ihres eigenthümlichen Circulations-Systems gewöhnlich Röhrenherzen (*Leptocardia*) nennt. Der einzige bekannte Repräsentant dieser merkwürdigen Hauptabtheilung des Wirbelthier-Stammes ist *Amphioxus lanceolatus*. Zwar wird dieses Thier gewöhnlich als ein Fisch angesehen, und sogar meistens als eine den übrigen Fisch-Ordnungen gleichwerthige Ordnung; oft wird er selbst nur als eine eigene Familie mit den niederen Fischordnungen vereinigt. Da indess, wie bekannt, dieses Wirbelthier sich durch seine gesammte Organisation sehr viel weiter von allen übrigen Vertebraten entfernt als irgend ein anderes Glied dieses Stammes, da der Mangel des Schädels und des Gehirns, der Mangel eines compacten Herzens und viele andere Charaktere ihn als eine ganz besondere Abtheilung auszeichnen, so nehmen wir keinen Anstand, denselben nicht allein als Vertreter einer besonderen Classe, sondern auch eines besonderen Unterstammes von allen übrigen Wirbelthieren zu trennen Wir erblicken in demselben den einzigen überlebenden Ausläufer einer Wirbelthier-Abtheilung, die wahrscheinlich in früheren Perioden der Erdgeschichte einen reich entwickelten und viel verzweigten Baum darstellte. Wegen Mangels fester Skelettheile konnten keine fossilen Reste derselben erhalten bleiben. *Amphioxus* ist also wahrscheinlich der letzte Mohikaner jener niederen Vertebraten-Abtheilung, welche sich zunächst von den Würmern abzweigte, und aus welcher erst später die vollkommneren Pachycardien sich entwickelten.

Zweites Subphylum der Wirbelthiere:
Pachycardia, H. *Centralherzen.*

(Synonym: *Craniota*, Schädelthiere. *Encephalota*, Gehirnthiere.)

Zu dieser zweiten Hauptabtheilung des Wirbelthierstammes gehören alle bekannten Wirbelthiere, mit einziger Ausnahme des *Amphioxus lanceolatus*. Sie unterscheiden sich sehr wesentlich von diesem durch den Besitz eines Gehirns, eines Schädels, eines compacten Herzens und durch viele andere Charaktere, welche sie hoch über denselben erheben. Offenbar haben sie sich erst später (jedoch schon innerhalb oder vor der Silurzeit) aus dem Unterstamme der Leptocardier entwickelt. Das Subphylum der Pachycardier zerfällt zunächst in zwei sehr ungleiche Stammäste, von denen der eine bloss die kleine Gruppe der Monorrhinen (Classe der Marsipobranchien), der andere sämmtliche übrigen Vertebraten (Amphirrhinen) umfasst.

Erster Cladus der Pachycardier:
Monorrhina, H. *Unpaarnasen.*

Als Monorrhinen sondern wir hier von den übrigen Pachycardiern die Classe der Cyclostomen oder Marsipobranchien ab, welche sich durch so wesentliche anatomische und ontogenetische Charaktere von den übrigen Wirbelthieren unterscheidet, dass wir sie nicht mit Recht als eine Abtheilung der echten Fische betrachten können. Während alle übrigen Pachycardier drei Bogengänge im Labyrinth des Gehörorgans besitzen, haben die Monorrhinen deren nur ein oder zwei. Während bei allen übrigen die Nase paarig, ist sie bei ihnen unpaar angelegt. Während alle übrigen ein sympathisches Nervensystem besitzen, ist dieses bei ihnen noch nicht entdeckt. Auch die Structur der Gewebe (insbesondere des Nerven-Gewebes) ist bei ihnen so eigenthümlich, dass sie dadurch viel weiter von allen Pachycardiern sich entfernen, als irgend zwei verschiedene Gruppen der letzteren unter sich. Die Fische sind dem Menschen und den übrigen Säugethieren viel näher verwandt, als die Monorrhinen den Fischen. Daher glauben wir vollkommen im Recht zu sein, wenn wir die Marsipobranchien allen übrigen Pachycardiern als besonderen Cladus gegenüberstellen. Wir erblicken in ihnen die letzten überlebenden Repräsentanten eines früher vermuthlich mannichfaltig entwickelten Vertebraten-Astes, der unabhängig von den Amphirrhinen aus den Leptocardiern sich entwickelte.

Einzige Classe der Monorrhinen:
Marsipobranchia. *Beutelkiemer.*

(Synonym: *Cyclostomi*, Rundmäuler. *Myzontes*, Schleimfische.)

Die wenigen jetzt noch lebenden Glieder des Monorrhinen-Cladus, welche wir sämmtlich in der einen Classe der Marsipobranchien zusammenfassen, können uns wohl nur eine schwache Vorstellung von der Formen-Mannichfaltigkeit geben, welche aller Wahrscheinlichkeit nach diese Wirbelthier-Gruppe ebenso wie diejenige der Leptocardier, in den früheren Perioden der Erdgeschichte entwickelt hat. Wahrscheinlich schon in oder vor der silurischen Zeit haben sich die Marsipobranchien aus den Leptocardiern, divergent von den Amphirrhinen, hervorgebildet. Fossile Reste

konnten sie aus Mangel an harten Skelettheilen nicht hinterlassen. Sie zerfallen in zwei Ordnungen: I. Hyperotreta (*Myxinoida*), *Myxine*, *Gastrobranchus*, *Bdellostoma*, Beutelkiemer mit durchbohrtem Gaumen, mit einem einzigen Halbcirkel-Canal des Gehörorgans. II. Hyperoartia (*Petromyzonida*), *Petromyzon* (und seine Larve *Ammocoetes*), Beutelkiemer mit undurchbohrtem Gaumen, mit zwei Halbcirkelcanälen des Gehörorgans. Die Hyperoartien erscheinen in jeder Beziehung als eine jüngere, höher ausgebildete Gruppe, welche sich wahrscheinlich erst später aus den Hyperotreten entwickelt hat; doch sind letztere vielleicht auch durch Parasitismus rückgebildet.

Zweiter Cladus der Pachycardier:
Amphirrhina, H. *Paarnasen*.

Alle Amphirrhinen besitzen ein sympathisches Nervensystem, ein paariges Geruchsorgan, drei Bogengänge am Gehörorgan und niemals die beutelförmigen Kiemen der Monorrhinen. Diese Gruppe unterscheidet sich, wie schon erwähnt, durch die angeführten Charaktere so sehr von den Monorrhinen, dass wir sie als einen durchaus einheitlich organisirten Cladus oder Stammast sowohl den Monorrhinen als den Leptocardiern gegenüber stellen müssen. Offenbar sind alle hierher gehörigen Wirbelthiere Glieder eines einzigen Hauptastes, welcher sich schon sehr frühzeitig entweder ganz selbstständig aus den Leptocardiern hervorgebildet oder von den Monorrhinen abgezweigt hat. Diese Trennung muss in oder vor der Silurzeit erfolgt sein. Der Cladus der Amphirrhinen zerfällt in zwei Subcladen: Anamnien und Amnioten. Zu den ersteren gehören die drei Classen der Fische, Dipneusten und Amphibien, zu den letzteren die drei Classen der Reptilien, Vögel und Säugethiere. Die Amnioten als die vollkommneren Amphirrhinen haben sich erst spät (wahrscheinlich in der Anteperm-Zeit, oder in der Perm-Zeit) aus den Anamnien entwickelt, welche ihrerseits unmittelbar entweder von den Monorrhinen, oder direct von den Leptocardiern sich abgezweigt haben.

Erster Subcladus der Amphirrhinen:
Anamnia, H. *Amnionlose*.

Der Unterast der Anamnien umfasst die sogenannten niederen Wirbelthiere oder Anallantoidien, nach Ausschluss der Monorrhinen und der Leptocardier. Sie unterscheiden sich von den höheren Wirbelthieren wesentlich durch den Mangel des Amnion und den Besitz von wirklich athmenden Kiemen zu irgend einer Lebenszeit. Meistens ist auch die Allantois bei ihren Embryonen nicht entwickelt. Die Schädelbasis der Embryonen ist nicht geknickt. Es besteht dieser Subcladus aus den beiden Classen der echten Fische und Amphibien, und aus der Beide verbindenden Classe der Dipneusten. Von diesen sind zunächst die Fische aus den Monorrhinen oder aus den Leptocardiern entstanden.

Erste Classe der Anamnien.
Pisces. *Fische*.

Die Classe der echten Fische beschränken wir auf die drei Subclassen der Selachier, Ganoiden und Teleostier, indem wir einerseits die

Leptocardier und Monorrhinen, andererseits die Dipneusten aus ihr ausschliessen. In dem so begrenzten Umfange erscheint die Fischclasse als eine einheitliche Gruppe, deren sämmtliche Mitglieder in einer grossen Anzahl von wichtigen und eigenthümlichen Charakteren völlig übereinstimmen. Die Fischclasse ist die älteste von allen Anamnien und zugleich von allen Amphirrhinen. Fossile Reste derselben sind bereits im Silur vorhanden. Erst später haben sich aus ihr die beiden Classen der Dipneusten und Amphibien und noch viel später aus den letzteren die Amnioten entwickelt. Von den drei Subclassen der echten Fische ist ohne Zweifel die der Selachier die älteste, aus welcher erst später die Ganoiden, und aus diesen noch später die Teleostier sich entwickelt haben.

Erste Subclasse der Fische:
Selachii. *Urfische.*

(Synonym: *Elasmobranchii. Chondropterygii. Placoida. Plagiostomi* sensu ampliori.)

Den Ausgangspunkt aller echten Fische und somit zugleich aller Amphirrhinen, bildet die höchst interessante und wichtige Subclasse der Selachier, zu welcher die silurischen Ahnen aller Amphirrhinen und also auch des Menschen gehörten. Die gegenwärtig lebenden und uns allein genauer bekannten Selachier erscheinen als sehr wenig typisch veränderte, obgleich in ihrer Art, in ihrem Typus sehr hoch entwickelte, directe Nachkommen der niedrig organisirten archolithischen Urfische, aus welchen sich alle anderen Fische einerseits, alle Amphibien und somit auch alle Amnioten andererseits hervorgebildet haben. Leider liefert uns die Paläontologie über die nähere Beschaffenheit dieser unserer alten Urahnen keine befriedigenden Aufschlüsse. Da das Skelet der Selachier grösstentheils nicht der Erhaltung im fossilen Zustande fähig ist, so sind uns von denselben fast bloss die härteren Zähne und Flossenstacheln (Ichthyodorulithen) erhalten. Nur insofern sind dieselben von Interesse, als sie in grosser Zahl fast in allen Formationen, vom Silur an, vorkommen, und also die Existenz der Selachier-Gruppe schon in der Silurzeit beweisen. Uebrigens liesse sich diese auch ohne jene Reste schon aus den silurischen Ganoiden erschliessen, da diese als Descendenten der Selachier erst auf die letzteren gefolgt sein können. Die Selachier haben sich entweder unmittelbar aus den Leptocardiern, oder mittelbar aus einem gemeinsamen Ast mit den Monorrhinen entwickelt, sich jedoch schon sehr frühzeitig (wohl lange vor der Silurzeit) von diesen abgezweigt. Die Subclasse spaltet sich in zwei divergente Aeste, die Plagiostomen und Holocephalen.

Erste Legion der Selachier:
Plagiostomi. *Quermäuler.*

Diese Legion bildet aller Wahrscheinlichkeit nach die Hauptstammgruppe der Fische, aus welcher sich einerseits die Holocephalen, andererseits die Ganoiden, und wahrscheinlich als zwei besondere Aeste die Dipneusten und die Amphibien entwickelt haben. Sie wird zusammengesetzt aus den beiden Ordnungen der Haifische (Squalaceen) und Rochen (Rajaceen). Nicht so sicher, als die Abstammung der Ganoiden, Dipneusten und Amphibien von den Plagiostomen, erscheint diejenige der Holocephalen, welche sich vielleicht auch unabhängig von den eigentlichen Plagiostomen aus gemeinsamen Stammformen mit ihnen entwickelt haben.

Erste Ordnung der Plagiostomen:

Squalacei (*Squali*). *Haifische.*

Wie die Plagiostomen unter den Selachiern, so bilden die Squalaceen unter den Plagiostomen den eigentlichen Kern der Gruppe, welcher den alten Urstamm in gerader Linie fortsetzt. Von allen jetzt lebenden Amphirrhinen sind die Haifische aller Wahrscheinlichkeit nach diejenigen, welche den silurischen Ahnen des Menschen und der Amphirrhinen überhaupt am nächsten stehen, und uns diesen Typus unserer gemeinsamen Stammeltern aus der archolithischen Zeit am reinsten erhalten zeigen Da die fossilen Reste der Haifische sich auf ihre Zähne und Flossenstacheln beschränken, so sind dieselben von eben so geringer specieller, als von grosser genereller Bedeutung. Die ältesten finden sich im obern Silur.

Zweite Ordnung der Plagiostomen:

Rajacei (*Rajae*). *Rochen.*

Die Rochen betrachten wir als einen eigenthümlich angepassten Seitenzweig der Haifische, welcher sich wohl erst in der Mitte der paläolithischen Zeit von diesen abgezweigt hat und aus welchem keine weiteren Vertebraten-Gruppen entsprungen sind. Die ältesten Reste derselben finden sich in der Steinkohle. Es gehören hierher die Familien der Squatinorajiden (*Squatinoraja*), Trygoniden (*Trygon*), Myliobatiden (*Myliobates*) etc.

Zweite Legion der Selachier:

Holocephali. *Seekatzen.*

Diese Legion umfasst nur die einzige Ordnung der Chimaeraceen und die einzige Familie der Chimaeriden, welche wahrscheinlich gleich den Rochen einen sehr eigenthümlich durch Anpassung entwickelten Seitenzweig der Selachier darstellt, der sich nicht in andere Thiergruppen fortgesetzt hat. Jedoch haben sich die Chimaeren offenbar viel weiter als die Rochen von den Haifischen entfernt, falls nicht überhaupt der ganze Holocephalen-Ast etwa noch früher, als der eigentliche Plagiostomen-Ast von den unbekannten Zwischenformen zwischen den Selachiern und Leptocardiern sich abgezweigt hat. Als fossile Reste der Holocephalen haben sich bloss ihre eigenthümlichen Zahnplatten erhalten, welche sich zuerst in der Trias, besonders zahlreich im Jura finden. Die gegenwärtig allein noch lebenden beiden Genera *Chimaera* und *Calorrhynchus* sind die letzten Ausläufer dieser vormals reich entwickelten Gruppe.

Zweite Subclasse der Fische:

Ganoides. *Schmelzfische.*

Die merkwürdige Subclasse der Ganoiden oder der schmelzschuppigen Fische bildet den unmittelbaren Uebergang von den Selachiern zu den Teleostiern. Von den drei Legionen, welche wir in derselben unterscheiden, schliessen sich die Tabuliferen, als die ältesten, unmittelbar an die Selachier an und haben sich wohl direct aus diesen entwickelt, während die beiden andern Legionen, Rhombiferen und Cycliferen, wahrscheinlich als zwei divergente Aeste aus den Tabuliferen entsprungen sind. Aus den Cycliferen haben sich die Teleostier entwickelt.

Erste Legion der Ganoiden:
Tabuliferi, H. (*Placoganoides*). *Panzer-Ganoiden.*

Diese Legion wird durch die beiden sehr eigenthümlichen Fisch-Ordnungen der Pamphracten und Sturionen gebildet, von denen die letzteren nur aus der secundären und tertiären Zeit bekannt und noch in der Gegenwart durch einzelne Repräsentanten vertreten sind, während die ersteren auf die primordiale und primäre Zeit beschränkt waren. Wahrscheinlich sind die Sturionen die unmittelbare Fortsetzung eines einzelnen Zweiges der Pamphracten, welche sich ihrerseits unmittelbar aus den Selachiern entwickelt haben. Beide Ordnungen stimmen überein in der eigenthümlichen Täfelung des Körpers mit grossen Knochenplatten, und in der fehlenden oder höchst mangelhaften Verknöcherung der Wirbelsäule und des inneren Skelets überhaupt. Die meisten Tabuliferen besitzen keine Zähne.

Erste Ordnung der Tabuliferen:
Pamphracti, H. *Schildkröten-Fische.*

Als Pamphracten fassen wir die beiden ausgezeichneten Familien der Cephalaspiden und Placodermen zusammen, welche ausschliesslich in der primordialen und primären Zeit lebten, und unter denen sich die ältesten bekannten Fische nächst den Selachiern befinden. Bei den Cephalaspiden ist der Kopf von einer einzigen grossen halbmondförmigen Knochenplatte bedeckt, bei den Placodermen dagegen, wie der übrige Körper, mit mehrern grossen Knochenplatten getäfelt. Die Cephalaspiden (*Cephalaspis*, *Pteraspis*, *Menaspis*) finden sich im oberen Silur, im Devon und im Perm (*Menaspis*). Es gehört hierher der älteste aller bekannten Ganoiden (*Pteraspis ludensis*, aus den unteren Ludlow-Schichten im oberen Silur). Die Placodermen (*Asterolepis*, *Pterichthys*, *Coccosteus*, *Cheliophorus*) sind bisher nur im devonischen System, und einzeln auch in der Steinkohle gefunden worden. Es finden sich unter ihnen kolossale Formen von 20—30 Fuss Länge. Aus den Cephalaspiden haben sich wahrscheinlich die Sturionen, aus den Placodermen als zwei divergente Aeste einerseits die Rhombiferen, andrerseits die Cycliferen entwickelt.

Zweite Ordnung der Tabuliferen:
Sturiones. *Stör-Fische.*

Die Ordnung der Störe scheint die unmittelbare Fortsetzung der Pamphracten in der secundären und tertiären Zeit bis zur Gegenwart zu bilden. Von den beiden Familien, welche die Ordnung enthält, finden sich die echten Störe oder Accipenseriden (*Accipenser*) fossil schon in den untersten Jura-Schichten (*Chondrosteus* im Lias). Die nackten Löffelstöre oder Spatulariden (*Spatularia*) konnten keine fossilen Reste hinterlassen.

Zweite Legion der Ganoiden:
Rhombiferi. (*Rhomboganoides*) *Eckschuppen-Ganoiden.*

Diese Legion bildet die Hauptmasse und den eigentlichen Kern der Ganoiden-Gruppe, so dass man sie auch oft als Ganoiden im engeren Sinne bezeichnet. Zu ihr gehört der bei weitem grösste Theil aller Fische, welche vom Beginn der devonischen bis zum Ende der Jura-Zeit lebten. Sie sind

demnach die vorzüglichsten Repräsentanten der Fische während der ganzen primären und der ersten Hälfte der secundären Zeit, und zugleich die charakteristischen Vertebraten der Primärzeit überhaupt. Vom Jura an nehmen sie rasch ab, und sind in der Gegenwart nur noch durch wenige spärliche Ausläufer vertreten (*Polypterus*, *Lepidosteus*). Wahrscheinlich haben sich die Rhombiferen im Beginn der Primär-Zeit entweder aus den ältesten Cycliferen, oder im Zusammenhang mit diesen aus den Tabuliferen, oder aber (unabhängig von den Cycliferen) unmittelbar aus den Tabuliferen entwickelt. Der Stammbaum der formenreichen Rhombiferen-Gruppe ist jedoch schwer zu ermitteln, und die verschiedenen Versuche, die zahlreichen Genera und Familien der Rhombiferen in wenige grössere Gruppen zu ordnen, haben zu keinem befriedigenden Resultate geführt. Wir unterscheiden drei verschiedene Ordnungen: Efulcri, Fulcrati und Semaeopteri.

Erste Ordnung der Rhombiferen:

Efulcri, H. *Schindellose Eckschuppen-Fische.*

Diese Ordnung umfasst die drei ausgestorbenen Familien der Acanthodiden (ausschliesslich paläolithisch: *Acanthodes*, *Diplacanthus*), der Dipteriden (ausschliesslich devonisch: *Dipterus*, *Diplopterus*) und der Pycnodontiden (von der Steinkohle bis in die Tertiärzeit: *Pycnodus*, *Sphaerodus*). Durch den Mangel der Fulcren oder Flossenschindeln, welche die Fulcraten auf der Rückenfirst der Schwanzflosse und oft auch der übrigen Flossen tragen, erscheinen die Efulcren, letzteren gegenüber, als eine einheitlich charakterisirte Gruppe.

Zweite Ordnung der Rhombiferen:

Fulcrati, H. *Schindelflossige Eckschuppen-Fische.*

Alle Fische dieser Ordnung tragen Flossenschindeln (Fulcra) auf der Rückenfirst der Schwanzflosse, und oft auch der übrigen Flossen. Es gehören hierher die beiden umfangreichen Familien der Monostichen (*Palaeoniscus*, *Dapedius*) mit einer Schindelreihe, und der Distischen (*Lepidotus*, *Lepidosteus*) mit zwei Schindelreihen. Von Andern werden beide Familien als Lepidosteiden zusammengefasst, und in die beiden Gruppen der kegelzähnigen Sauroiden und der hechelzähnigen Lepidoiden vertheilt. Sie sind in allen paläolithischen und mesolithischen Formationen, vom Devon bis zum Jura zahlreich, jetzt nur noch durch *Lepidosteus* vertreten.

Dritte Ordnung der Rhombiferen:

Semaeopteri, H. *Fahnenflossige Eckschuppen-Fische.*

Diese sehr ausgezeichnete Rhombiferen-Ordnung wird nur durch die eine Familie der Polypteriden gebildet, mit dem einzigen jetzt lebenden Genus *Polypterus*, welches sich durch mancherlei Eigenthümlichkeiten von allen anderen Rhombiferen unterscheidet. Fossile Reste der Semaeopteren sind nicht bekannt.

Dritte Legion der Ganoiden:

Cycliferi. (*Cycloganoides*) *Rundschuppen-Ganoiden.*

Die Ganoiden mit runden Schuppen sind vorzüglich wichtig und interessant als die verbindenden Zwischenformen zwischen den übrigen Ganoiden

und den Teleostiern. Wahrscheinlich haben sie sich unabhängig von den Rhombiferen im Beginne der Primär-Zeit (in der Antedevon-Zeit) aus den Tabuliferen entwickelt, denen namentlich die Holoptychiden noch sehr nahe stehen. Diese führen durch die Coelacanthiden (mit denen wir sie als Coeloscolopen vereinigen) zu den Pycnoscolopen hinüber, welche sich durch die Leptolepiden (Thrissopiden) unmittelbar in die Teleostier fortsetzen.

Erste Ordnung der Cycliferen:
Coeloscolopes, H. *Hohlgräthen.*

Als Coeloscolopen, d. h. Cycliferen mit hohlen Gräthen, fassen wir die beiden nächstverwandten Familien der Holoptychiden und Coelacanthiden zusammen, welche nicht allein durch die hohlen Knochen und Gräthen, sondern auch durch viele andere Charaktere nächstverwandt sind. Die Holoptychiden (*Holoptychius*, *Rhizodus*, *Actinolepis*) bilden den Ausgangspunkt der Cycliferen-Legion, und hängen unmittelbar mit den Pamphracten zusammen, von denen wahrscheinlich die Placodermen ihre Voreltern sind. Sie finden sich ausschliesslich im Devon und der Kohle. Von den Holoptychiden haben sich schon frühzeitig (in der Devonzeit) die Coelacanthiden abgezweigt (*Coelacanthus*, *Glyptolepis*, *Macropoma*), welche in der Steinkohle ihre Acme erreichen, sich aber mit einzelnen Repräsentanten bis in die Kreide hinein fortsetzen.

Zweite Ordnung der Cycliferen:
Pycnoscolopes, H. *Dichtgräthen.*

Als Pycnoscolopen, d. h. Cycliferen mit dichten (nicht hohlen) Gräthen, vereinigen wir hier diejenigen rundschuppigen Ganoiden, welche den Uebergang von den Coeloscolopen zu den Teleostiern (*Thrissopiden*) vermitteln. Es sind dies die drei Familien der Coccolepiden (*Coccolepis*, im Jura), der Megaluriden (*Megalurus*, *Oligopleurus*, im Jura) und der Amiaden (die *Amia* der Jetztzeit). Sie sind den Thrissopiden nächstverwandt.

Dritte Subclasse der Fische:
Teleostei. *Knochenfische.*

Wie die Ganoiden im primären und secundären, so sind die Teleostier im tertiären und quartären Zeitalter die vorzüglichen Repräsentanten der Fisch-Classe. Erst in der Mitte der Secundär-Periode, in der Jura-Zeit treten sie zum ersten Male auf, und in Uebereinstimmung mit dieser wichtigen paläontologischen Thatsache beweist ihre gesammte Anatomie und Ontogenie, dass sie sich unmittelbar aus den Ganoiden entwickelt haben. Die directen Verbindungs-Glieder sind einerseits die Pycnoscolopen, andrerseits die Thrissopiden, welche von den einen Zoologen noch als Ganoiden, von den anderen als Teleostier betrachtet werden. Sie schliessen sich unmittelbar an die Physostomen (Clupeiden) an, welche wir als gemeinsamen Ausgangspunkt der ganzen Teleostier-Subclasse zu betrachten haben.

Die Subclasse der Teleostier wird nach den vorzüglichen Untersuchungen von Johannes Müller, welcher zuerst die natürlichen Hauptgruppen der Fische erkannte, und die künstlichen Fisch-Systeme von Cuvier und Agassiz durch ein natürliches, auf die Blutsverwandtschaft begründetes ersetzte, in die sechs Ordnungen der Lophobranchien, Plectognathen, Phy-

stomen, Pharyngognathen, Anacanthinen und Acanthopteren eingetheilt. Indessen sind diese sechs Ordnungen keineswegs gleichwerthig. Vielmehr glauben wir, dass die Physostomen einerseits den fünf übrigen Ordnungen andrerseits gegenüber zu stellen sind. Wir fassen die letzteren als Physoclisten (Fische mit geschlossener Schwimmblase) zusammen. Es fehlt ihnen ein sehr wichtiger embryonaler Charakter, welchen die Physostomen mit den Ganoiden theilen, nämlich der Luftgang, welcher die Schwimmblase mit dem Schlunde verbindet. Auch durch andere Eigenthümlichkeiten beweisen die Physostomen, dass sie älter sind, als die Physoclisten, welche sich erst aus ihnen entwickelt haben.

Erste Legion der Teleostier:

Physostomi. *Aeltere Knochenfische (mit Luftgang der Schwimmblase).*

Diese Legion enthält die ältesten Teleostier, welche sich unmittelbar aus den cycliferen Ganoiden entwickelt haben. Die Stammformen dieser Legion, und somit aller Teleostier, enthält die Familie der Thrissopiden (oder der Leptolepiden im engeren Sinne), welche die Genera *Thrissops*, *Leptolepis*, *Tharsis* umfasst. Es sind dies häringsartige Fische aus dem Jura, welche bereits in dessen untersten Schichten, im Lias, beginnen, aber in der Kreide schon wieder aufhören. Einerseits schliessen sich die Thrissopiden ebenso eng an die Cycliferen (Pycnoscolopen), wie andrerseits an die Physostomen (Clupeiden) an, und werden desshalb bald mit diesen, bald mit jenen vereinigt. Die Physostomen sind die einzigen Teleostier während der ganzen Jura-Zeit. Sie zerfallen in zwei Ordnungen, Thrissogenen und Enchelygenen, von denen die letzteren nur einen divergenten Seitenzweig der ersteren darstellen.

Erste Ordnung der Physostomen:

Thrissogenes, H. (*Physostomi abdominales.*) *Bauchflossige Physostomen.*

Diese Ordnung umfasst die Hauptmasse der Physostomen und den eigentlichen Kern dieser Legion: die Familien der Thrissopiden, Clupeiden, Salmoniden, Scopeliden, Cyprinoiden, Characinen, Siluroiden etc. Die allermeisten dieser Fische besitzen wohl entwickelte Bauchflossen. Die Thrissogenen sind die Stammgruppe aller Teleostier, aus welcher sich als zwei divergente Zweige einerseits die Enchelygenen, andrerseits die Physoclisten entwickelt haben. Während der Jura-Zeit ist diese Ordnung nur durch die Familie der Thrissopiden, die älteste aller Teleostier, vertreten, welche den Clupeiden am nächsten steht und den grössten Theil der Leptolepiden enthält (*Thrissops*, *Leptolepis*, *Tharsis*). In der Kreide finden sich bereits echte Clupeiden und daneben noch Scopeliden und Salmoniden. Die meisten andern Familien der Thrissogenen, namentlich auch die Cyprinoiden und Siluroiden, erscheinen erst in der Tertiär-Zeit.

Zweite Ordnung der Physostomen:

Enchelygenes, H. (*Physostomi apodes.*) *Bauchflossenlose Physostomen.*

Wie die Thrissogenen („Häringskinder") die unmittelbaren Nachkommen der Thrissopiden und Häringe, so sind die Enchelygenen („Aalkinder") die unmittelbaren Epigonen der Ur-Aale, welche sich aus den ersteren erst später entwickelt haben. Die Enchelygenen oder Aale umfassen die drei Fami-

lien der Muraeniden, Gymnotiden und Symbranchiden. Fossile Reste kennt man bloss von den Muraeniden, und zwar nur aus der Tertiär-Zeit. Die Enchelygenen stellen einen isolirten Seitenzweig der Thrissogenen dar, welcher sich nicht weiter entwickelt hat.

Zweite Legion der Teleostier:

Physoclisti, H. *Jüngere Knochenfische (ohne Luftgang der Schwimmblase).*

Diese Legion hat sich, wie bemerkt, erst später aus den Physostomen, und zwar aus den Thrissogenen, entwickelt; wie es scheint, erst während der Kreidezeit, da die ältesten sicheren fossilen Reste von Physoclisten dem Grünsande angehören. Die Legion besitzt nicht mehr den embryonalen Charakter, welchen die Physostomen noch mit den Ganoiden theilen, den Luftgang, der die Schwimmblase mit dem Schlund verbindet Den Hauptstamm der Physoclisten bildet die Ordnung der Stichobranchien, während die beiden anderen Ordnungen, Plectognathen und Lophobranchien, nur als eigenthümlich angepasste Seitenzweige der ersteren erscheinen.

Erste Ordnung der Physoclisten:

Stichobranchii, H. *Reihenkiemer.*

In dieser Ordnung, welche unmittelbar aus den Physostomen hervorgegangen ist, fassen wir drei Unterordnungen Johannes Müller's zusammen, die *Acanthopteri*, *Anacanthini* und *Pharyngognathi*. Den Hauptstamm der Ordnung, wie der ganzen Physoclisten-Legion, bildet die sehr umfangreiche Unterordnung der Acanthopteren, zu welchen die Percoiden, Cataphracten, Sparoiden, Sciaenoiden, Scomberoiden, Blennioiden und zahlreiche andere Familien gehören. Unter allen Fischgruppen ist diese die bei weitem formenreichste; jedoch entwickelt sie ihre ausserordentliche Mannichfaltigkeit innerhalb eines sehr engen anatomischen Breitengrades, durch oberflächliche Anpassung an verschiedene Existenzbedingungen. Die ältesten Reste derselben finden sich in der Kreide, vorzüglich im Grünsande, und gehören meistens Percoiden, Cataphracten, Scomberoiden und Sphyraeniden an. Sehr zahlreich erscheinen die meisten Familien der Acanthopteren im Tertiärgebirge. Die Unterordnung der Pharyngognathen umfasst theils Stachelflosser, welche den Acanthopteren näher stehen (Labroiden, Pomacentriden, Holconoten, Chromiden), theils Weichflosser sehr eigenthümlicher Art (Scomberesoces). Die meisten fossilen Reste derselben gehören der Tertiär-Zeit, nur einzelne der Kreide an. Von der dritten Unterordnung der Stichobranchien, den Anacanthinen, kennt man nur sehr wenige fossile Reste, und zwar nur aus der Tertiärzeit (Pleuronectiden und Gadoiden).

Zweite Ordnung der Physoclisten:

Plectognathi. *Heftkiefer.*

Diese eigenthümliche Ordnung, welche früher wegen ihrer Hautbedeckung mit den Panzer-Ganoiden vereinigt wurde, scheint nur ein eigenthümlich angepasster Seiten-Zweig der Stichobranchien zu sein. Von den beiden hierher gehörigen Familien, Sclerodermen und Gymnodonten, kennt man fossile Reste aus der Tertiär-Zeit, von ersteren auch einzeln aus der Kreide-Zeit.

Dritte Ordnung der Physoclisten:
Lophobranchii. *Büschelkiemer.*

Auch diese Ordnung halten wir, gleich der vorigen, bloss für einen eigenthümlich entwickelten Seitenzweig der Stichobranchien. Es gehören hierher die Familien der Syngnathiden, Pegasiden und Solenostomiden. Alle fossilen Reste derselben gehören der Tertiär-Zeit an.

Zweite Classe der Anamnien:
Dipneusti. *Molchfische.*

(Synonym: *Dipnoi. Lepidota. Protopteri. Pneumoichthyes. Sirenoida.*)

Die Classe der Dipneusten ist in den letzten Jahrzehnten zu hervorragender Berühmtheit gelangt durch die ausgezeichnete Mittelstellung, welche sie zwischen den echten Fischen und den Amphibien einnimmt. In der That vereinigt dieselbe so vollständig viele charakteristische Eigenthümlichkeiten der Fische und der Amphibien, dass ausgezeichnete und kritische Forscher für die Stellung der Dipneusten sowohl unter jenen als unter diesen gewichtige Gründe anführen konnten. Will man die Dipneusten durchaus einer von jenen beiden Classen einreihen, so erscheint es immerhin passender, sie den Fischen, als den Amphibien zuzurechnen. Will man aber diese beiden Classen durch eine scharfe Definition trennen, so erscheint es umgekehrt bequemer, die Dipneusten wegen ihrer doppelten Herzvorkammer und ihrer wahren (der Schwimmblase homologen) Lungen den Amphibien beizugesellen.

Wie alle systematischen Fragen, so kann auch diese viel behandelte Streitfrage nur durch die Descendenz-Theorie klar und endgültig entschieden werden. Diese lehrt uns, dass die Dipneusten sich aus den Fischen ebenso wie die Amphibien entwickelt haben, und zwar wahrscheinlich unabhängig von diesen letzteren. Man könnte geneigt sein, in den jetzt lebenden Dipneusten die geradlinigen und wenig veränderten Nachkommen jener uralten Anamnien zu sehen, welche in der Primärzeit, während der Entwickelung der Amphibien aus den Fischen, den Uebergang zwischen beiden Classen vermittelten. Indessen ist es wohl wahrscheinlicher, dass die lebenden Dipneusten die Nachkommen solcher aus den Fischen entwickelten Anamnien sind, welche nicht weiter zu Amphibien sich fortgebildet haben, gewissermassen also fehlgeschlagene Versuche der Fische, sich zum Landleben und zur Luftathmung zu erheben. Unter diesen Umständen erscheint es uns am passendsten, die Dipneusten als eine besondere Classe zu betrachten.

Die jetzt lebenden Dipneusten bilden nur die einzige Ordnung und Familie der Protopteriden, mit den beiden Genera *Protopterus* und *Lepidosiren.* Aller Wahrscheinlichkeit nach sind dieselben nur die vereinzelten letzten Ausläufer einer vormals reich entwickelten Dipneusten-Classe, welche aber wegen Mangels harter Skelettheile keine fossilen Reste hinterlassen konnten. Was ihre unmittelbaren Voreltern unter den Fischen betrifft, so sind diese wohl in den Selachiern, und nicht in den Ganoiden zu suchen, mit denen man die Dipneusten neuerdings hat vereinigen wollen. Die Dipneusten, Ganoiden und Amphibien sind wahrscheinlich drei Geschwister-Gruppen, welche von dem gemeinsamen parentalen Selachier-Stamm an verschiedenen Stellen sich abgelöst haben. Man kann dieselben daher nicht in eine einzige Reihe ordnen, wie es mehrfach versucht worden ist.

Dritte Classe der Anamnien:

Amphibia. *Lurche.*

Die höchst wichtige Classe der Amphibien ist uns, gleich der vorhergehenden, hinsichtlich ihrer Phylogenie leider nur höchst unvollständig bekannt, viel unvollständiger als die der Fische. Alles, was uns die Paläontologie von den Amphibien der früheren Erdperioden erhalten hat, zusammengenommen mit allen jetzt lebenden Amphibien, ist aller Wahrscheinlichkeit nach nur ein verschwindend geringer Rest von der reich und mannichfaltig entwickelten Amphibien-Classe, welche in der secundären und insbesondere in der primären Zeit die Erdrinde belebt hat. Als nach Ablauf der Silurzeit zum ersten Male das Leben auf dem Festlande begann, und in der langen antedevonischen Zeit von verschiedenen Gruppen der wasserbewohnenden Pflanzen und Thiere Versuche gemacht wurden, sich dem Landleben anzupassen, haben sich wahrscheinlich aus den Fischen mehrere solcher Landansiedler gleichzeitig und unabhängig von einander entwickelt. Als eine solche, nicht weiter zu hoher Differenzirung gelangte Gruppe haben wir bereits vorher die Dipneusten bezeichnet. Eine zweite solche Gruppe von Luftathmern bildet die Classe der Amphibien, die übrigens wahrscheinlich aus mehreren Classen zusammengesetzt ist, deren jede sich unabhängig von den andern aus den Fischen entwickelt hat. Insbesondere dürften die beiden Subclassen, welche wir hier unterscheiden, Phractamphibien und Lissamphibien, zwei selbstständige Classen darstellen. Beide haben sich wohl getrennt von einander aus den Selachiern entwickelt. Die ältesten bekannten Amphibien-Reste sind in der Steinkohle gefunden worden.

Erste Subclasse der Amphibien:

Phractamphibia, H. *Panzerlurche.*

Diese Subclasse umfasst die merkwürdige Ordnung der Labyrinthodonten und die neuerdings davon abgelöste Ordnung der Ganocephalen, welche den Fischen noch näher steht, und aus welcher sich wahrscheinlich die erstere erst entwickelt hat.

Erste Ordnung der Phractamphibien:

Ganocephala. *Schmelzköpfe.*

Diese Ordnung ist bis jetzt nur durch drei Genera vom Amphibien bekannt, welche sämmtlich der Steinkohlenzeit eigenthümlich sind: *Archegosaurus*, *Dendrerpeton* und *Raniceps*. Von allen Amphibien stehen diese den Fischen am nächsten, und sind wahrscheinlich direct aus den Selachiern oder sehr tief unten aus dem Ganoiden-Stamm (aus den Pamphracten?) hervorgegangen.

Zweite Ordnung der Phractamphibien:

Labyrinthodonta. *Wickelzähner.*

Diese bisher meist mit der vorigen vereinigte Ordnung hat sich erst später aus derselben entwickelt und ist bereits bedeutend höher differenzirt. Namentlich besitzt sie schon zwei entwickelte Condyli occipitales, welche den vorigen noch fehlten. In der Primärzeit ist sie bloss durch den carbonischen *[illegible]iphetes* und durch den permischen *Zygosaurus* vertreten. Ihre eigentliche

Acme, eine hohe und reiche Entwickelung, erreicht sie in der Trias, mit welcher sie auch erlischt (*Mastodonsaurus*, *Trematosaurus*, *Capitosaurus* etc.). Die Labyrinthodonten scheinen keine Nachkommen hinterlassen zu haben.

Dritte Ordnung der Phractamphibien:
Peromela. *Blindwühlen.*

(Synonym: *Apoda. Gymnophiona. Ophiomorpha. Caeciliae.*)

Diese kleine Ordnung, welche nur die einzige Familie der Caeciliden (*Caecilia*, *Siphonops* etc.) umfasst, ist in fossilem Zustand nicht bekannt. Sie ist wahrscheinlich der letzte überlebende Rest einer vormals reich entwickelten Amphibien-Gruppe, welcher nicht bloss wegen seines Schuppenkleides, sondern auch durch andere Charaktere den Ganocephalen und auch den Fischen viel näher steht, als die Gymnamphibien. Sie hat sich wahrscheinlich von dem Ganocephalen-Aste abgezweigt.

Zweite Subclasse der Amphibien:
Lissamphibia, H. *Nacktlurche.*

Diese Subclasse unterscheidet sich von der vorigen nicht allein äusserlich sehr auffallend durch die vollkommen glatte und nackte Haut, ohne alle Verknöcherungen, sondern auch durch innere anatomische Eigenthümlichkeiten, so dass Beide sich wohl schon sehr frühzeitig als divergente Aeste von dem gemeinsamen Amphibien-Stamme getrennt haben, falls sie überhaupt in einem solchen vereinigt waren. Die fossilen Reste dieser Gruppe sind nur äusserst spärlich erhalten und von sehr geringer Bedeutung. Theils ihre Lebensweise, vorzugsweise aber die zarte und oft nur theilweis knöcherne Beschaffenheit ihres Skelets entzog sie der Petrification. Man kennt bloss tertiäre Reste und diese nur sehr dürftig. Aller Wahrscheinlichkeit nach waren aber die Lissamphibien in der ganzen Secundär-Zeit vorhanden und haben sich wohl bereits in dem älteren Abschnitt der Primär-Zeit aus den Selachiern, vielleicht aus gemeinsamer Wurzel mit den Phractamphibien, vielleicht auch aus einem Ausläufer der letztern entwickelt. Die noch lebenden Lissamphibien legen uns in ihrer systematischen ebenso wie in ihrer ontogenetischen Entwickelungsreihe den paläontologischen Entwickelungsgang der Subclasse sehr deutlich vor Augen.

Erste Ordnung der Lissamphibien:
Sozobranchia (*Perennibranchiata*). *Kiemenlurche.*

Diese Ordnung umfasst diejenigen nackten Amphibien, welche auf der niedersten Entwickelungsstufe stehen bleiben, indem sie zeitlebens ihre äusseren Kiemen beibehalten. (Genera: *Siren*, *Proteus*, *Menobranchus* etc.) Fossile Reste derselben sind nicht bekannt.

Zweite Ordnung der Lissamphibien:
Sozura (*Caudata*). *Schwanzlurche.*

Diese Ordnung geht in ihrer Entwickelung einen Schritt weiter, als die vorige, indem sie die Kiemen verliert, den Schwanz aber noch behält. Es gehören hierher die beiden Familien der Derotremen (*Menopoma*, *Cryptobranchus*), welche noch die Kiemenspalten an der Halsseite behalten, und

der Lipotremen (*Triton*, *Salamandra*), welche auch diese Kiemenspalten verlieren. Von Beiden sind tertiäre Reste vorhanden, unter denen besonders der *Andrias Scheuchzeri* als „Homo diluvii testis" berühmt geworden ist. Aus dieser Ordnung haben sich wahrscheinlich die Anuren sowohl, als auch die Reptilien (Tocosaurier) und die Mammalien entwickelt.

Dritte Ordnung der Lissamphibien:
Anura (*Ecaudata*). *Froschlurche.*

Diese Ordnung erreicht den höchsten Grad der Entwickelung unter den Amphibien. Sie verliert nicht nur Kiemen und Kiemenspalten, sondern auch den Schwanz. Es gehören hierher die drei Familien der Zungenlosen (*Aglossa*) der Kröten (*Bufonida*) und der Frösche (*Ranida*), von denen bloss die letzteren zahlreiche (jedoch unbedeutende) Reste in der Tertiär-Zeit hinterlassen haben.

Zweiter Subcladus der Amphirrhinen:
Amniota, H. *Amnionthiere.*

Wir haben oben die Amphirrhinen, d. h. die Wirbelthiere, welche nach Ausschluss der Leptocardier und Monorrhinen übrig bleiben, in zwei Hauptgruppen gespalten, welche sehr wesentlich verschieden sind, in Anamnien und Amnioten. Zu den Anamnien gehören die drei Classen der Fische, Dipneusten und Amphibien; zu den Amnioten gehören die drei Classen der Reptilien, Vögel und Säugethiere. Die Amnioten unterscheiden sich von den Anamnien hauptsächlich durch den Besitz des embryonalen Amnion, sowie dadurch, dass sie zu keiner Zeit ihres Lebens durch Kiemen athmen. Ferner ist die Schädelbasis ihrer Embryonen stets stark geknickt, während die der Anamnien grade gestreckt ist. Endlich entwickeln ihre Embryonen sämmtlich eine Allantois, wesshalb man sie auch Allantoidia genannt hat. Doch kann man die Anamnien nicht Anallantoidien nennen, da auch von diesen Viele bereits eine deutliche, wenn auch kleine Allantois besitzen. Die gesammte Anatomie, Ontogenie und Phylogenie der Amphirrhinen beweist übereinstimmend, dass dieser Cladus ursprünglich (bis zur Permzeit) allein aus den Anamnien bestand, und dass erst später die Amnioten sich aus diesen entwickelten. Jedenfalls sind die Amnioten unmittelbar aus den Amphibien entstanden; und zwar haben sich als zwei divergente Zweige, unabhängig von einander, einerseits die Monocondylien (Reptilien und Vögel), andrerseits die Amphicondylien (Säugethiere) entwickelt.

Erste Serie der Amnioten:
Monocondylia, H. *Amnioten mit einfachem Occipital-Condylus.*

Als Monocondylien fassen wir hier die beiden Classen der Reptilien und Vögel zusammen, welche unter sich viel näher, als mit den Säugethieren verwandt sind. Die grosse Kluft, welche diese von jenen trennt, hat neuerdings besonders Huxley hervorgehoben, welcher die Monocondylien von den Mammalien unter dem bereits mehrfach verbrauchten und vieldeutigen Namen der Sauroiden abtrennte. Dieselben sind vorzüglich charakterisirt durch einen einfachen Condylus occipitalis, durch die verwickelte Zusammensetzung des Unterkiefers, und seine Articulation an einem besonderen Quadratbein, durch rothe Blut-Zellen (kernführende Plastiden), durch

partielle Dotterfurchung, durch Mangel des Parasphenoid, der Milchdrüsen etc. Von den beiden Classen der Monocondylien haben sich die Vögel ebenso als ein höherer Seitenzweig aus den Reptilien, wie diese aus den Amphibien (und zwar wahrscheinlich aus den Sozuren) entwickelt.

Erste Classe der Monocondylien:

Reptilia. *Saurier.*

Diese äusserst vielgestaltige und interessante Wirbelthierclasse beherrscht das mesolithische Zeitalter in ähnlicher Präponderanz, wie die Fische das paläolithische, die Säugethiere das cänolithische. Den verschiedenartigsten Existenz-Bedingungen passten sie sich in der mannichfaltigsten Weise an und entwickelten dadurch eine bewunderungswürdige Formen-Divergenz, welche ihre Genealogie ausserordentlich erschwert. Dazu kommt, dass alle fossilen Reste der Reptilien zusammengenommen, obwohl äusserst werthvolle „Denkmünzen der Schöpfung“, dennoch nur ein blasses Schattenbild von dem wunderbaren Reiche landbewohnender Reptilien darstellen, welches in der Secundärzeit existirte. Die Verwandtschafts-Verhältnisse der verschiedenen Hauptgruppen der Reptilien unter einander sind so äusserst verwickelte, dass es sehr schwer ist, ihren Stammbaum zu entwerfen. Wir betrachten daher auch die nachfolgende Genealogie nur als einen ganz provisorischen Versuch. Als Ausgangsgruppe der Classe, welche unmittelbar aus den Amphibien (und wahrscheinlich aus den Sozuren) entstand, betrachten wir die I. Subclasse, die der Tocosaurier, welche ausser den triassischen Thecodonten die ältesten aller Reptilien, die permischen Dichthacanthen enthält. Sie sind nebst den Rophalodonten die einzigen Saurier der Primärzeit. Alle anderen Reptilien gehören der Secundär-Zeit an. Von Jenen aus haben sich wahrscheinlich als divergente Zweige folgende vier Subclassen entwickelt: II. die Hydrosaurier (Halisaurier und Crocodilier); III. die Dinosaurier; IV. die Lepidosaurier (Lacertilier und Ophidier) und endlich V. die Rhamphosaurier, mit der Stamm-Ordnung der Anomodonten, aus der wahrscheinlich als drei divergente Zweige sich die Pterosaurier, Chelonier und Vögel entwickelten.

Erste Subclasse der Reptilien:

Tocosauria, H. *Stamm-Reptilien.*

In dieser Subclasse, welche den Ausgangspunkt aller übrigen Reptilien bildet, fassen wir die beiden Ordnungen der Dichthacanthen und Thecodonten zusammen, welche unter sich nächstverwandt und wahrscheinlich gradlinige Nachkommen der unbekannten Reptilien sind, aus welchen sich alle übrigen Subclassen als divergente Zweige entwickelten.

Erste Ordnung der Tocosaurier:

Dichthacantha, H. *Gabeldorner.*

Diese Ordnung umfasst die einzige Familie der Proterosauriden, mit dem einzigen Genus *Proterosaurus*, welches in vielfacher Beziehung von ausserordentlichem Interesse ist. Abgesehen von dem im russischen Perm gefundenen *Rhopalodon*, welcher vielleicht den Uebergang von den Dichthacanthen zu den Anomodonten bildet, sind die Proterosauren die einzigen, bis jetzt bekannten Reptilien, welche man mit voller

Sicherheit als paläolithische betrachten kann; alle anderen Saurier, welche man bisher der Primärzeit zuschrieb, haben sich neuerdings als viel jünger, als secundär (meistens als triassisch) herausgestellt. Zugleich sind es die einzigen Reptilien, welche gabelspaltige Dornfortsätze der Wirbelsäule besitzen, (wesshalb wir sie Dichthacanthen nennen). Auch ausserdem, obwohl den Lacertilien anscheinend sehr ähnlich, sind sie mehrfach von den übrigen Reptilien unterschieden. Wahrscheinlich haben wir in diesen ältesten bekannten Repräsentanten der Reptilien-Classe ganz eigenthümliche Mischformen vor uns, welche den unbekannten, aus den Amphibien (Sozuren) entstandenen Stamm-Vätern aller Reptilien am nächsten stehen. Die Dichthacanthen sind zufällig zugleich diejenigen fossilen Reptilien, welche von allen zuerst (schon 1710!) wissenschaftlich untersucht und beschrieben worden sind (durch den Berliner Arzt Spener). Bisher sind sie ausschliesslich im Thüringer Perm, und zwar im Kupferschiefer von Eisenach, gefunden worden. Die älteste und bekannteste Art ist *Proterosaurus Speneri*, eine andere *P. macronyx*.

Zweite Ordnung der Tocosaurier:
Thecodonta. *Fachzähner.*

Diese Ordnung, welche der vorigen von allen Reptilien am nächsten verwandt ist, und vielleicht von ihr direct abstammt, gehört wahrscheinlich zu der gemeinsamen Stammgruppe, aus welcher sich alle oder doch viele der übrigen Reptilien als divergente Aeste entwickelt haben. Alle bis jetzt sicher bekannten Thecodonten gehören der Trias, und zwar meistens dem Keuper an. Bisher galten dieselben fast allgemein für paläolithisch, da man die Schichten, in denen sie sich finden, (insbesondere das Bristol-Conglomerat) irrthümlich für permisch hielt. Es gehören hierher mit Sicherheit die vier Genera: *Paläosaurus* (*platyodon*, *cylindrodon*), *Thecodontosaurus* (*antiquus*), *Belodon* (*Plieningeri*) und *Cladyodon* (*Lloydii*). Ausserdem gehören höchst wahrscheinlich auch die beiden Genera *Bathygnathus* (*borealis*) und *Telerpeton* (*elginense*) hierher. Letzteres (auch als *Leptopleuron lacertinum* beschrieben) galt lange Zeit für das älteste nicht allein aller Reptilien, sondern sogar aller landbewohnenden Wirbelthiere, da man die triassischen Schichten, in denen es sich fand, irrthümlich für devonisch hielt.

Zweite Subclasse der Reptilien:
Hydrosauria. *Wasserdrachen.*

In dieser Subclasse vereinigen wir nach dem Vorgange von Carl Vogt die beiden Ordnungen der Halisaurier und der Crocodilier, von denen sich vielleicht die letzteren aus den ersteren entwickelt haben. Doch ist es auch sehr wohl möglich, dass diese beiden Ordnungen an sehr verschiedenen Stellen, unabhängig von einander, von dem Reptilienstamme sich abgezweigt haben.

Erste Ordnung der Hydrosaurier:
Halisauria. *Seedrachen.*

(Synonym: *Enaliosauria. Nexipoda. Hydropterygia*).

Diese ausgezeichnete Reptilien-Ordnung ist ausschliesslich auf die Secundär-Periode beschränkt, welche sie von Anfang bis zu Ende durchlebt hat. Ihre vielfachen Aehnlichkeiten mit den Fischen und insbesondere mit

den Ganoiden haben zu der Annahme geführt, dass sie diesen näher als den übrigen Reptilien verwandt seien, und man hat selbst neuerdings versucht, die Ganoiden, Ganocephalen, Labyrinthodonten, Ichthyosaurier und Sauropterygier (Nothosaurier und Plesiosaurier) als fortlaufende Glieder einer einzigen Entwickelungsreihe darzustellen. Indessen ist es viel wahrscheinlicher, dass diese Aehnlichkeiten nur Anpassungs-Aehnlichkeiten sind, und dass die Halisaurier sich zu den übrigen Reptilien verhalten, wie die Cetaceen zu den Säugethieren. Wahrscheinlich sind sie aus den Tocosauriern in der Antetrias-Zeit entstanden. Wir zerfällen die Ordnung der Halisaurier in drei Unterordnungen: I. Simosauria oder Urdrachen (*Simosaurus*, *Nothosaurus*, *Dracosaurus*) ausschliesslich in der Trias, die ältesten Vertreter der Halisaurier, und ihre einzigen Repräsentanten in der Trias, haben sich vermuthlich aus den Thecodonten entwickelt. II. Die Plesiosauria oder Schlangendrachen (*Plesiosaurus*) in allen Schichten des Jura und der Kreide, haben sich wohl in der Antejurazeit aus den Simosauriern entwickelt, und gehen durch *Spondylosaurus* und *Pliosaurus* unmittelbar in die Ichthyosauren über. III. Die Ichthyosauria oder Fischdrachen (*Ichthyosaurus*), ebenfalls nur im Jura und (selten) in der Kreide, haben sich demnach ebenso aus den Plesiosauren, wie diese aus den Ichthyosauren entwickelt.

Zweite Ordnung der Hydrosaurier:
Crocodilia (*Loricata*). *Crocodile*.

Die Stellung der Crocodile ist ziemlich unsicher, da sie gleichzeitig zu mehreren Reptilien-Subclassen mehrfache Beziehungen besitzen. Es ist möglich, dass dieselben an ihrer Wurzel mit mehreren andern Subclassen unmittelbar zusammenhängen. Vielleicht haben sie sich auch als selbstständiger Ast direct aus den Tocosauriern hervorgebildet. Am wahrscheinlichsten ist es jedoch, dass sie sich von den Halisauriern abgezweigt haben, unter denen insbesondere *Pliosaurus* sich den Crocodilen sehr nähert. Jedenfalls muss diese Abzweigung schon vor der Jura-Zeit erfolgt sein, da die Crocodile im Lias bereits entwickelt auftreten. Die Ordnung zerfällt in drei Unterordnungen, von denen die der Amphicoelen oder Teleosaurier die älteste ist (*Mystriosaurus*, *Gnathosaurus*, *Teleosaurus* etc.). Diese Unterordnung ist durch biconcave, denen der Halisaurier gleiche Wirbel ausgezeichnet. Sie bleibt auf den Jura beschränkt. Aus ihr haben sich als zwei divergente Aeste einerseits die Opisthocoelen, andrerseits die Prosthocoelen entwickelt; bei erstern ist die Chorda dorsalis bloss am vorderen (oralen), bei letzteren bloss am hinteren (aboralen) Ende der Wirbelkörper durch Knochen ersetzt worden. Die Opisthocoelen oder Steneosaurier (*Cetiosaurus*, *Steneosaurus*) bleiben auf Jura und Kreide beschränkt, während die Prosthocoelen oder Alligatoren, zu welchen alle jetzt lebenden Crocodile gehören (*Gavialis*, *Alligator*, *Crocodilus*) erst in der Kreide auftreten, und vorzüglich in der Tertiärzeit entwickelt sind.

Dritte Subclasse der Reptilien:
Dinosauria (*Pachypoda*). *Lindwürmer*.

Eine der merkwürdigsten Reptilien-Gruppen ist die der Dinosaurier oder Pachypoden, welche während der Secundär-Zeit die gewaltigsten und colossalsten Landbewohner erzeugte. Sie finden ihresgleichen an Umfang und Schwerfälligkeit nur in den pachydermen Säugethieren der tertiären und

quartären Zeit, und vertraten diese damals in ähnlicher Weise auf dem Lande, wie die Halisaurier im Meere das Aequivalent der carnivoren Cetaceen waren. Die Dinosaurier zeigen unter allen Reptilien am meisten anatomische Beziehungen zu den Säugethieren, ähnlich wie die Pterosaurier zu den Vögeln. Doch sind diese Aehnlichkeiten nur Analogieen, keine Homologieen. Wahrscheinlich haben sich die Dinosaurier unmittelbar aus der Stammgruppe der Tocosaurier, (vielleicht auch in Zusammenhang mit den Crocodilen, wahrscheinlicher aber in Zusammenhang mit den Lacertilien, insbesondere den Leguanen) entwickelt. Unter den Tocosauriern zeigt *Belodon* zu ihnen die nächsten Beziehungen, und *Plateosaurus* aus dem Keuper scheint bereits zu ihnen zu gehören. Ihre eigentliche Entwickelung erreichten sie jedoch gegen Ende der Jura- und im Beginn der Kreide-Zeit (Wealden). Wir zerfällen die Dinosaurier in zwei Ordnungen, fleischfressende und pflanzenfressende Lindwürmer.

Erste Ordnung der Dinosaurier:
Harpagosauria, H. *Carnivore Lindwürmer.*

Die fleischfressenden Dinosaurier bilden den eigentlichen Stamm der Subclasse. Sie beginnen wahrscheinlich schon in der Trias (mit *Plateosaurus* aus dem Keuper). Hierher gehören *Megalosaurus* (30 — 40 Fuss lang) aus dem Jura, und *Hylaeosaurus* und *Pelorosaurus* aus dem Wealden (letzterer wohl 40 — 80 Fuss lang). Leider sind ihre Reste, wie die der meisten mesolithischen landbewohnenden Vertebraten, sehr selten und unvollständig.

Zweite Ordnung der Dinosaurier:
Therosauria, H. *Herbivore Lindwürmer.*

Die pflanzenfressenden Dinosaurier sind bis jetzt bloss durch den colossalen *Iguanodon Mantelli* bekannt, den grössten Pflanzenfresser der Secundär-Zeit, viel grösser und stärker als ein Elephant. Er ist bisher ausschliesslich in den unteren Formationen des Kreide-Systems, im Wealden und Neocom gefunden worden, und stellt wahrscheinlich einen Seitenzweig der Harpagosaurier dar.

Vierte Subclasse der Reptilien:
Lepidosauria, H. *Schuppen-Saurier.*

Diese Subclasse umfasst die beiden nächstverwandten Ordnungen der Lacertilien und Ophidier, von denen die letzteren bloss einen eigenthümlich entwickelten Seitenzweig der ersteren darstellen. Die Lacertilien stehen unter allen Reptilien den Tocosauriern, als dem Stamm der ganzen Classe, am nächsten, und bilden gewissermaassen deren gradlinige Fortsetzung bis zur Gegenwart.

Erste Ordnung der Lepidosaurier:
Lacertilia. *Eidechsen.*

Unter allen Reptilien scheinen die gewöhnlichen Eidechsen die conservativste Gruppe darzustellen, welche die ursprüngliche Form der gemeinsamen Stammgruppe, der Tocosaurier, am reinsten erhalten hat. Die jetzt lebenden Lacertilien spielen daher unter den Reptilien eine ähnliche

Rolle, wie die Selachier der Gegenwart unter den Fischen, oder die Beutelthiere der Jetztzeit unter den Säugethieren. Die fossilen Reste dieser Ordnung sind sehr spärlich. Die ältesten bekannten Reste stammen aus den obersten Schichten des Jura und den untersten der Kreide, zahlreichere aus der Tertiärzeit. Unter den Lacertilien der Kreide zeichnen sich die Mosasaurier (*Mosasaurus, Geosaurus* etc.), welche den Monitoren nächstverwandt sind, durch riesige Grösse aus. Von den beiden Unterordnungen der Lacertilien haben nur die echten Eidechsen oder Autosauria (*Squamata*) fossile Reste hinterlassen, nicht aber die Ringeleidechsen oder Glyptodermata (*Annulata*).

Zweite Ordnung der Lepidosaurier:

Ophidia. *Schlangen.*

Die Gruppe der Schlangen ist Nichts weiter als ein eigenthümlich entwickelter Seitenast der Lacertilien, welcher sich wahrscheinlich erst im Beginn der Tertiär-Zeit (in der Anteocen-Zeit) von den Lacertilien abgezweigt hat. Ihre fossilen Reste sind selten und spärlich, alle nur in tertiären Schichten, vom Eocen an, gefunden. Die Schlangen-Ordnung ist die einzige Reptilien-Ordnung, welche auf die Tertiärzeit und die Gegenwart beschränkt erscheint.

Fünfte Subclasse der Reptilien:

Rhamphosauria, H. *Schnabelsaurier.*

In dieser Subclasse vereinigen wir die drei Ordnungen der Anomodonten, Pterosaurier und Chelonier, welche unter sich mehr Verwandtschaft als zu den übrigen Reptilien zeigen, und deren jede durch eine Anzahl von Charakteren bereits zu den Vögeln hinüber neigt. Indessen sind wegen der Mangelhaftigkeit ihrer fossilen Reste ihre Beziehungen doch noch zu wenig bekannt, als dass wir mit voller Sicherheit ihr genealogisches Verhältniss zu einander und zu den Vögeln feststellen könnten. Wahrscheinlich haben sich die Anomodonten, als die ältesten Rhamphosaurier, von den Tocosauriern abgezweigt, und haben ihrerseits als drei divergente Zweige die Pterosaurier, die Chelonier und die Vögel entwickelt. Vielleicht sind aber auch Pterosaurier und Anomodonten zwei divergente Zweige eines alten (aus den Tocosauriern entstandenen) Rhamphosaurier-Stammes, und aus den Anomodonten haben sich als zwei divergente Aeste einerseits die Chelonier, andererseits die Vögel entwickelt.

Erste Ordnung der Rhamphosaurier:

Anomodonta. *Schnabel-Eidechsen.*

Diese Ordnung kennen wir bisher nur aus verhältnissmässig wenigen, aber sehr interessanten fossilen Resten, welche derselben eine ausserordentliche Wichtigkeit beilegen. Sie besteht aus den drei Familien oder Unterordnungen der Rhopalodonten, Dicynodonten und Cryptodonten. Die Familie der Rhopalodontia, die älteste, wird durch die im russischen Perm gefundene Sippe *Rhopalodon* (mit 2 Arten) gebildet, nächst dem *Proterosaurus* die einzigen bis jetzt mit Sicherheit bekannten Reptilien der Primärzeit. Sie scheinen den Uebergang von den Tocosauriern zu den Dicynodonten zu vermitteln. Die Familie der Dicynodontia wird durch die

beiden südafrikanischen Genera *Dicynodon* (mit 4 Arten) und *Ptychognathus* (mit 3 Arten) gebildet, welche der Trias angehören (nicht dem Perm, wie man früher glaubte). Sie nähern sich durch die ausgezeichnete Bildung ihres Schädels und Schnabels noch mehr, als die Rhopalodonten, den Schildkröten und Vögeln und sind wahrscheinlich nächste Verwandte von deren gemeinsamen Stammeltern. Die dritte Familie endlich, die der Cryptodontia, wird durch die beiden triassischen Genera *Udenodon* (*U. Bainii* aus Südafrica) und *Rhynchosaurus* (*R. articeps* aus England) gebildet. Diese vermitteln den unmittelbaren Uebergang zu den Cheloniern und Vögeln. Während die Rhopalodonten in ihrem Schnabel ausser mehreren kleinen angewachsenen Zähnen ein paar grosse Hauzähne, die Dicynodonten bloss diese beiden letzteren tragen, sind bei den Cryptodonten alle Zähne aus dem Schnabel verschwunden.

Zweite Ordnung der Rhamphosaurier:
Pterosauria. *Flug-Eidechsen.*

Diese Ordnung umfasst die ältesten fliegenden Wirbelthiere, von denen man mit Sicherheit weiss. Sie beginnen mit *Rhamphorhynchus macronyx* in den ältesten Schichten des Jura, und sind durch zahlreiche Arten von *Pterodactylus* im mittleren und oberen Jura und der Kreide vertreten, bis zur Weisskreide hinauf, in der sich kolossale Formen finden. Man hat die Pterosaurier vielfach für unmittelbare Uebergangsformen von den Reptilien zu den Vögeln gehalten. Indessen ist es viel wahrscheinlicher, dass sich die Pterosaurier tiefer unten, als die Vögel, von den Anomodonten, oder selbst unmittelbar von den Tocosauriern abgezweigt haben. Keinenfalls haben sie sich unmittelbar in die Vögel fortgesetzt. Die Pterosaurier haben keine Nachkommen hinterlassen.

Dritte Ordnung der Rhamphosaurier:
Chelonia. *Schildkröten.*

Diese Ordnung nähert sich von allen jetzt lebenden Reptilien-Ordnungen am meisten den Vögeln, und zeigt namentlich auch zu diesen nähere Verwandtschaft als die Pterosaurier. Am wahrscheinlichsten dürfte die Vermuthung sein, dass Chelonier und Vögel als divergente, an ihrer Wurzel vielleicht noch zusammenhängende Zweige sich aus den Anomodonten entwickelt haben. Diese Divergenz hat jedenfalls vor der Jurazeit, wahrscheinlich schon im Beginn der Secundär-Periode stattgefunden. Fussspuren, sowohl von Schildkröten als von Vögeln, werden bereits im Sandstein der Trias angegeben; doch sind diese sehr unsicher. Die ältesten sicheren Reste von Cheloniern gehören dem Jura an, und zwar finden sich hier bereits Reste von drei verschiedenen Familien, den Thalassiten oder Seeschildkröten (*Chelone*), den Potamiten oder Flussschildkröten (*Trionyx*) und den Eloditen oder Sumpfschildkröten (*Emys*). Dagegen erscheint die vierte und vollkommenste Familie, die der Chersiten oder Landschildkröten (*Testudo*) erst in der Tertiär-Zeit; unter diesen letzteren ist die riesige *Colossochelys atlas* aus dem Subhimalaja hervorzuheben. Bei den ältesten Schildkröten ist der Knochenpanzer noch sehr wenig entwickelt, unvollkommen verknöchert oder aus zahlreicheren Stücken zusammengesetzt, wie bei den Embryonen der höheren Chelonier.

Zweite Classe der Monocondylien: Aves. *Vögel.*

Im Gegensatze zu den Reptilien liefert uns die Paläontologie über die Entwickelung der Vögel nur sehr geringfügige Aufschlüsse. Dagegen können wir aus ihrer vergleichenden Anatomie und Embryologie mit voller Sicherheit schliessen, dass die Vögel unmittelbar aus den Reptilien entstanden sind, und dass sie nur einen eigenthümlich angepassten Seitenzweig dieser Classe darstellen. Wie schon bemerkt, haben sich die Vögel höchstwahrscheinlich aus den Anomodonten, als ein von den Cheloniern divergirender Zweig dieser Subclasse, entwickelt; und zwar wohl im Beginn oder gegen die Mitte der mesolithischen Zeit. Aus der Trias-Zeit kennt man zahlreiche Fussspuren (besonders im nordamerikanischen Sandstein von Connecticut), welche riesigen Vögeln zugeschrieben werden. Doch können dieselben eben so gut auch Sauriern angehört haben. Die Reptilien, welche die Voreltern der Vögel waren, können sehr wohl bereits ihre charakteristische Fussbildung besessen haben. Der älteste wirkliche Vogelrest ist die berühmte *Archaeopteryx lithographica* aus dem Jura. In der Kreide folgen einzelne Reste von Stelz- und Schwimm-Vögeln. Alle Paedotrophen-Reste gehören der Tertiär-Zeit an. Die Bestimmung der fossilen Vogelreste im Einzelnen ist sehr schwierig, da dieselben meist nur sehr schlecht und höchst unvollständig erhalten sind, und da überdies fast alle systematischen Differenzen sich auf die Bildung des Schnabels und der Füsse beschränken. Die Vögel-Classe ist in ähnlicher Weise, wie die der Insecten, nur sehr einförmig, innerhalb eines sehr engen Spielraumes entwickelt; sie verhalten sich zu den viel gestaltenreicheren Reptilien ähnlich, wie die Insecten zu den Crustaceen. Was die historische Reihenfolge der einzelnen Hauptgruppen der Vögel betrifft, so haben sich aus den Anomodonten zunächst die Sauriuren, aus diesen erst die Ornithuren entwickelt, und zwar Autophagen; aus diesen sind erst in der Tertiär-Zeit die typischen Vögel, die Nesthocker (*Insessores*) entstanden.

Erste Subclasse der Vögel: Sauriurae, H. *Fiederschwänzige Vögel.*

Die Subclasse der Sauriuren stellen wir für diejenigen Vögel auf, welche den unmittelbaren Uebergang von den Reptilien zu den echten Vögeln vermitteln, und welche im Beginn und in der Mitte der Secundär-Zeit vermuthlich in grosser Mannichfaltigkeit vorhanden waren. Bis jetzt ist uns diese Subclasse nur durch die sehr wichtige *Archaeopteryx lithographica* (*macrura*) aus dem Jura des lithographischen Schiefers von Solenhofen bekannt. In der ausgezeichneten Bildung ihres Schwanzes, welcher ganz von dem aller übrigen Vögel abweicht, besitzt dieselbe einen Charakter, welchen die letzteren nur als Embryonen noch einige Zeit hindurch zeigen, und welcher lediglich die Abstammung der Vögel von den Reptilien bestätigt. Die älteste Ahnenreihe der Vögel zu Ende der primären und im Beginn der secundären Zeit war wahrscheinlich folgende: 1. Tocosauria, 2. Anomodonta (I. Rhopalodon, II. Dicynodon, III. Cryptodon), 3. Sauriurae (Archaeopteryx), 4. Ornithurae (Saurophalli).

Zweite Subclasse der Vögel:
Ornithurae, H. *Fächerschwänzige Vögel.*

Diese Subclasse umfasst die echten Vögel, welche bereits die charakteristische Schwanzbildung aller jetzt lebenden Vögel, und gar nicht (oder nur als Embryonen) den verlängerten Eidechsen-Schwanz der Sauriuren besitzen. Jedenfalls sind die Ornithuren erst später aus den Sauriuren, wie diese früher aus den Anomodonten entstanden. Von den beiden Legionen, in welche die Ornithuren gewöhnlich zerfällt werden, sind die Paedotrophen erst später (wahrscheinlich in der Tertiär-Zeit) aus den Autophagen entstanden.

Erste Legion der Ornithuren:
Autophagae. (*Nidifugae*) *Nestflüchter.*

Diese Legion umfasst diejenigen Ornithuren, welche sehend das Ei verlassen und sich sogleich selbst ernähren. Es gehören hierher folgende Ordnungen: 1. Natatores (*Palmipedes*), 2. Grallatores, 3. Rasores (*Gallinaceae*, nach Ausschluss der Penelopiden) 4. Ineptae (*Didus*) 5. Saurophalli (*Penelopida*, und dreizehige Strausse: *Rhea*, *Dromaeus*, *Casuarius*), 6. Apterygia (*Apteryx*, *Palapteryx*, *Dinornis*), 7. Struthocameli (*Struthio*) [1].

Was die Genealogie dieser Ordnungen betrifft, so ist dieselbe zur Zeit noch sehr dunkel, und lediglich aus ihrer vergleichenden Anatomie muthmaasslich zu erschliessen. Die wahrscheinliche Ausgangsgruppe der Autophagen, welche sich unmittelbar aus den Sauriuren entwickelt hat, scheinen die Saurophallen zu bilden, von welchen sich vielleicht als divergente Zweige die vier Ordnungen der Natatores, Rasores, Apterygier und Struthocamelen abgezweigt haben. Den Uebergang zwischen den Saurophallen und den Natatores vermitteln die (noch mit dem gleichen Penis versehenen) Anatiden (Lamellirostres); zwischen den Saurophallen und Rasores stehen die Penelopiden; die Apterygier sind unter den Saurophallen dem *Casuarius*, die Struthocamelen dagegen der *Rhea* am nächsten verwandt. Die Grallatores haben sich wahrscheinlich aus den Rasores (vielleicht auch aus den Apterygiern?) entwickelt. Auch die Inepten sind vermuthlich ebenso wie die Columben, und vielleicht mit diesen im Zusammenhange aus den Rasores entstanden. Die äusserst dürftigen fossilen Reste der Autophagen klären uns leider über ihre Phylogenie nicht auf; die ältesten sind in der Kreide gefunden worden, und gehören einem Natator

[1]) Wir sehen uns hier gezwungen, die Ordnung der Cursores oder Laufvögel, eine der künstlichsten Gruppen des Thierreichs, in Ordnungen aufzulösen, da diese unter sich in höherem Grade verschieden sind, als die übrigen anerkannten Ordnungen der Vögelclasse. Die Penelopiden (*Penelope*, *Crax*, *Urax*), welche allgemein zu den Rasores gestellt werden, sind den dreizehigen Straussen (*Rhea*, *Dromaeus*, *Casuarius*) viel näher als den Hühnern verwandt, und verdienen schon allein wegen ihrer merkwürdigen Penis-Bildung (abgesehen von anderen anatomischen Verwandtschafts-Documenten) mit ihnen als „Saurophalli" vereinigt zu werden. Dagegen ist der zweizehige Strauss (*Struthio camelus*), durch den ganz eigenthümlichen Bau seines Penis und seines Beckens, sowie durch andere merkwürdige Charaktere so ausgezeichnet, dass er eher den Rang einer besondern Ordnung verdient, als z. B. die verschiedenen Ordnungen der Paedotrophen. Auch die Apterygier und die Inepten sind so ausgezeichnet, dass sie weder mit den Strothocamelen, noch mit den Saurophallen vereinigt bleiben können.

(*Cimoliornis diomedeus*), und einem Grallator (*Scolopax*) an. Vielleicht rühren auch die Ornithichnithen der Trias von Autophagen her.

Zweite Legion der Ornithuren:
Paedotrophae. (*Insessores*) *Nesthocker.*

Diese Legion umfasst diejenigen Ornithuren, welche blind das Ei verlassen und von ihren Eltern gefüttert werden. Alle fossilen Reste von Paedotrophen gehören der Tertiär-Zeit an. Es gehören hierher folgende fünf Ordnungen: 1. Peristerae (*Columbae*), 2. Clamatores, 3. Oscines, 4. Scansores, 5. Raptatores. Unter diesen scheinen die Tauben (Peristerae) in ähnlicher Weise den Ausgangspunkt der Paedotrophen-Gruppe zu bilden, wie die Saurophallen denjenigen der Autophagen. Wahrscheinlich sind die Peristeren direct aus den Rasores entstanden, mit denen sie durch die Pterocliden unmittelbar zusammenhängen. Aus den Peristeren (vielleicht aber auch direct aus den Rasores) sind als zwei divergente Zweige vermuthlich die Clamatores und Scansores entstanden, von denen wahrscheinlich die ersteren den Oscines, die letzteren den Raptatores den Ursprung gegeben haben. Vielleicht sind aber auch die Raptatores aus den Clamatores, oder direct aus den Columben entwickelt. Da zwischen allen verschiedenen Vögel-Ordnungen Uebergangs-Bildungen vorkommen, und da uns ihre spärlichen und ganz unbedeutenden fossilen Reste gar Nichts über ihre Phylogenie berichten, so ist jede Specialisation des ornithologischen Stammbaums zur Zeit noch sehr schwierig.

Zweite Serie der Amnioten:
Dicondylia, H. *Amnioten mit doppeltem Occipital-Condylus.*

Die Gruppe der Dicondylien umfasst bloss die eine Classe der Säugethiere (Mammalia), welche von den Monocondylien, den beiden Classen der Vögel und Reptilien, viel weiter entfernt sind, als die beiden letzteren unter sich. Die Dicondylien unterscheiden sich von den Monocondylien wesentlich nicht allein durch den doppelten Condylus occipitalis, sondern auch durch die viel einfachere Zusammensetzung des Unterkiefers, den Mangel eines besonderen Quadratbeins, durch den Besitz eines Parasphenoid, durch rothe Blut-Cytoden (kernlose Plastiden), durch totale Dotterfurchung, durch die ganz eigenthümlichen Milchdrüsen, und durch zahlreiche andere wichtige Charaktere. Aller Wahrscheinlichkeit nach haben sich die Dicondylien unmittelbar aus den Amphibien, oder aus dem unbekannten paläozoischen Amnioten-Stamme (vielleicht im Zusammenhang mit der Tocosaurier-Gruppe) entwickelt (vergl. Taf. VII).

Einzige Classe der Dicondylien:
Mammalia. *Säugethiere.*

Die Classe der Säugethiere zerfällt in drei Subclassen von sehr ungleichem Umfange, die Ornithodelphia, welche bloss die beiden Genera *Ornithorhynchus* und *Echidna*, die Didelphia, welche die Beutelthiere oder *Marsupialia*, und die Monodelphia, welche die ganze Masse der übrigen Säugethiere (*Placentalia*) umfassen. Die beiden Subclassen der Ornithodelphien und Didelphien werden häufig in einer Subclasse als *Implacentalia* zusammengefasst, und den Placentalien gegenüber gestellt. Diese Zweitheilung der

Säugethierclasse ist aber in sofern nicht richtig, als die Differenzen zwischen den Ornithodelphien und Didelphien, wenn auch anderer Art, doch nicht minder wichtig sind, als diejenigen zwischen den Didelphien und Monodelphien. Richtiger würde es sein, die Ornithodelphien als Amasta (ἄμαστα, Brustwarzenlose) den vereinigten Didelphien und Monodelphien als Mastophora (μαστόφορα, mit Brustwarzen Versehene) gegenüber zu stellen. Die Amasten oder Ornithodelphien stehen offenbar den unbekannten Stammformen der Säugethiere, welche aus den Amphibien entstanden, viel näher, als die Mastophoren, welche sicher viel späteren Ursprungs sind. Leider lässt uns die Paläontologie bei dieser sehr wichtigen Frage wieder im Stich, da grade aus der langen Secundär-Periode, während welcher die Entwickelung der Säugethier-Classe aus den Amphibien oder aus den niedersten Amnioten, wenn nicht ausschliesslich, doch vorwiegend stattfand, nur sehr wenige und unbedeutende Säugethier-Reste erhalten sind. Diese gehören alle Didelphien an. Von den Ornithodelphien berichtet uns die Paläontologie leider gar Nichts. Verhältnissmässig zahlreich und wichtig sind die fossilen Reste der Monodelphien, welche ausschliesslich der Tertiär- und Quartär-Zeit angehören. Wahrscheinlich haben sich also die Monodelphien erst im Beginn der Tertiär-Zeit (in der langen Anteocen-Zeit) aus den Didelphien entwickelt; wogegen diese vermuthlich schon im Beginn der Secundär-Zeit (in der Antetrias- oder Trias-Zeit) aus Ornithodelphien entstanden sein werden. (Vergl. Taf. VII und VIII.)

Erste Subclasse der Säugethiere:
Ornithodelphia *(Amasta)*. *Brustlose.*

Aus dieser Subclasse kennen wir bloss die eine Ordnung der Monotremata oder Kloakenthiere, welche gegenwärtig nur noch durch zwei australische Genera: *Ornithorhynchus* und *Echidna* vertreten ist. Diese höchst eigenthümlichen Mammalien, welche offenbar nur die letzten überlebenden Reste einer vormals reich entwickelten Säugethier-Gruppe sind, verhalten sich zu den übrigen Mammalien ähnlich, wie *Amphioxus* zu dem ganzen Wirbelthier-Stamme, oder wie *Hydra* zu dem Coelenteraten-Stamme. Leider sind gar keine fossilen Reste von den nächsten Verwandten und Vorfahren derselben erhalten worden. Sie stehen in vielen Beziehungen den Monocondylien näher, als alle anderen Mammalien, und sind daher als uralte, höchst conservative Formen zu betrachten, welche von allen bekannten Gliedern der Classe den im Beginn der Secundär-Zeit lebenden Uebergangs-Formen der Amphibien in die Säugethiere am nächsten stehen.

Zweite Subclasse der Säugethiere:
Didelphia *(Marsupialia)*. *Beutelthiere.*

Auch diese Subclasse der Säugethiere ist gleich der vorhergehenden im Aussterben begriffen, und nur verhältnissmässig unbedeutende Reste derselben haben in Australien (einige wenige auch auf den Sunda-Inseln und in Amerika) im Kampfe um das Dasein sich zu erhalten vermocht. Wahrscheinlich hat dieselbe in der ganzen Secundär-Zeit mit den Monotremen zusammen die Säugethier-Classe allein repräsentirt und damals eine ähnliche Formen-Mannichfaltigkeit durch Anpassung an verschiedene Lebens-Verhältnisse entwickelt, wie in der Tertiär-Zeit und in der Gegenwart die Monodelphien. Die fossilen Reste der Didelphien sind äusserst spärlich und dürf-

tig, und nur insofern von hohem Interesse, als sie erstens die weite geographische Verbreitung der Subclasse in der Secundär-Zeit, und zweitens ihr hohes Alter beweisen. Die ältesten Reste finden sich im Keuper der Trias in Deutschland und England. (*Microlestes antiquus.*) Ausserdem sind neuerdings im Jura von England zahlreiche Reste von fossilen Marsupialien gefunden worden: *Thylacotherium* (*Amphitherium*), *Phascolotherium*, *Amphilestes*, *Stereognathus*, sämmtlich im Bath oder unteren Oolith (in den Schiefern von Stonesfield); ferner *Spalacotherium*, *Plagiaulax*, *Triconodon*, im Portland oder oberen Oolith (in den jüngsten Purbeck-Schichten). Die meisten Reste sind Unterkiefer und gehören carnivoren und insectivoren, einige jedoch (*Stereognathus*) auch herbivoren Marsupialien an.

Die Beutelthiere werden gewöhnlich als eine einzige Ordnung betrachtet: doch sind die einzelnen Familien durch ihre Anpassung an die verschiedenartigste Lebensweise im Gebiss und übrigen Köperbau nicht weniger differenzirt, als die verschiedenen Ordnungen der Monodelphien, und es ist daher richtiger, sie als diesen äquivalente Ordnungen zu betrachten, zumal sie in vielen Beziehungen auffallende Parallelen zu diesen darbieten. Dieser Parallelismus wird durch die nachfolgende Uebersicht anschaulich; von den hier aufgeführten acht Didelphien-Ordnungen kann man die vier ersten als Legion der fleischfressenden Marsupialien (*Zoophaga*), die vier letzten als Legion der pflanzenfressenden Marsupialien (*Botanophaga*) zusammenfassen.

Parallele der didelphen und monodelphen Säugethier-Ordnungen.

Ordnungen der Didelphien:	Typus der Didelphien-Ordnung:	**Ordnungen der Monodelphien:**	Typus der Monodelphien-Ordnung:
1. Creophaga	*Thylacinus*, *Dasyurus*	1. Carnivora	*Canis*
2. Cantharophaga	*Perameles*, *Myrmecobius*	2. Insectivora	*Erinaceus*
3. Edentula	*Tarsipes*	3. Edentata	*Dasypus*
4. Pedimana	*Didelphys*, *Chironectes*	4. Prosimiae	*Lemur*
5. Carpophaga	*Petaurus*, *Phalangista*	5. Simiae	*Hapale*
6. Rhizophaga	*Phascolomys*	6. Rodentia	*Castor*
7. Barypoda	*Diprotodon*, *Nototherium*	7. Pycnoderma	*Hippopotamus*
8. Macropoda.	*Halmaturus*, *Hypsiprymnus*	8. Ruminantia	*Cervus*

Dieser schon vielfach und mit Recht hervorgehobene Parallelismus ist besonders desshalb von hohem Interesse, weil er zeigt, bis zu welchem Grade die Anpassung an gleiche Existenz-Bedingungen und gleiche Lebensweise (insbesondere auch gleiche Nahrung) im Stande ist, entsprechend gleiche Form-Umbildungen (besonders auch in der Bildung des Gebisses) zu bewirken. Denn offenbar sind alle diese Aehnlichkeiten nur Analogieen, nicht Homologieen. Die einzelnen Monodelphien-Ordnungen sind nicht durch Transformation (etwa durch Erwerbung einer Placenta) aus den entsprechenden Didelphien-Ordnungen entstanden, sondern vielmehr das Differenzirungs-Product eines einzigen Placentalien-Zweiges, welcher wahrscheinlich nur aus einer einzigen Didelphien-Form entstanden ist (Vergl. Taf. VIII).

Was die Genealogie der Marsupialien betrifft, so sind leider ihre fossilen Reste viel zu dürftig und unvollständig, um sie paläontologisch begründen zu können. So weit sich aus ihrer vergleichenden Anatomie schliessen lässt,

bildet den Ausgangs-Punkt (ebenso wie unter den Deciduaten die Prosimien) die Ordnung der Pedimanen, welche unter allen Didelphien den Monodelphien, und zwar den Prosimien am nächsten zu stehen scheinen. Aus diesen sind als zwei divergente Zweige einerseits die Cantharophagen (Zoophagen!), andrerseits die Carpophagen (Botanophagen!) hervorgegangen. Aus den Cantharophagen haben sich wahrscheinlich die Edentula und Creophaga, aus den Carpophagen dagegen die Rhizophaga, Macropoda und Barypoda entwickelt.

Dritte Subclasse der Säugethiere:
Monodelphia *(Placentalia)*. *Placentalthiere.*

Aus der Thatsache, dass alle fossilen Säugethier-Reste der Secundär-Zeit Didelphien angehören, lässt sich der Schluss ziehen, dass die Monodelphien erst im Beginn der Tertiär-Zeit aus den ersteren entstanden sind. Doch ist dieser Schluss keineswegs sicher, da wir aus dem ungeheuer langen Zeitraum zwischen Ablagerung der obersten Jura-Schichten (Purbeck) und der untersten Tertiär-Schichten gar keine Säugethier-Reste besitzen. Es ist sehr leicht möglich, dass die Umbildung der Marsupialien zu Placentalien bereits während der Kreide-Zeit oder noch früher (in Antecreta- oder Jura-Zeit) stattgefunden hat. Jedenfalls wäre die Anteocen-Zeit die jüngste mögliche Zeit dieses Umbildungs-Processes, da wir das Resultat desselben schon in den ältesten Eocen-Schichten vollendet vor uns sehen.

Wir zerfällen die Subclasse der Monodelphien in zwei Legionen, welche wahrscheinlich schon sehr frühzeitig sich von einander getrennt haben, und als zwei divergente Hauptäste der ältesten Placentalien-Gruppe zu betrachten sind, welche unmittelbar aus den Didelphien entsprang. Diese beiden Legionen, wesentlich durch die Structur (weniger durch die äussere Form!) der Placenta verschieden, sind die Indeciduen und die Deciduaten. Die specielle Ableitung ihres Ursprungs und ihrer gegenseitigen Beziehungen ist noch äusserst dunkel. Wahrscheinlich sind die Deciduaten erst später aus den Indeciduen entstanden. Vielleicht aber sind beide divergente Zweige eines einzigen Monodelphien-Stammes.

Erste Legion der Monodelphien:
Indecidua. *Placentalthiere ohne Decidua.*

Diese Legion umfasst diejenigen monodelphien Säugethiere, deren Uterus keine Decidua bildet. Es wird dieselbe aus zwei sehr divergenten Gruppen gebildet, einerseits den Edentaten, andrerseits den Pycnodermen, welche jedoch trotz anscheinend sehr grosser Verschiedenheit vielfache Verwandtschafts-Beziehungen zeigen und offenbar zwei Aeste eines einzigen Indeciduen-Zweiges sind.

Erste Sublegion der Indeciduen:
Edentata *(Bruta)*. *Zahnlose.*

Diese Sublegion enthält die einzige Ordnung der Edentata oder Zahnlosen, welche unter allen bekannten Placentalien die tiefste Stufe einzunehmen und sehr alten Ursprungs zu sein scheint. Wahrscheinlich sind die jetzt lebenden Edentaten, ebenso wie die Marsupialien der Jetztzeit, nur die letzten kümmerlichen Reste einer vormals reich entwickelten Thiergruppe. Noch in der Diluvial-Zeit besass dieselbe einen hohen Grad der Entfaltung, wie

die colossalen Skelete der Macrotherien, Glyptodonten und Gravigraden beweisen. Die Phylogenie der Edentaten ist sehr schwierig zu errathen, da uns offenbar sehr viele alte Stammformen und Zwischenglieder fehlen. Wahrscheinlich haben sich von den Pycnodermen zunächst die Vermilinguien abgezweigt, aus denen vielleicht die Gravigraden entstanden sind. Da diese letzteren offenbar die Charaktere der Cingulaten und Bradypoden gemischt enthalten, sind sie wahrscheinlich die gemeinsamen Stammformen dieser beiden Gruppen.

Zweite Sublegion der Indeciduen:
Pycnoderma., H. *Derbhäuter.*

Als Pycnodermen vereinigen wir hier die beiden Ordnungen der Cetaceen und der Ungulaten, welche nicht allein durch die Beschaffenheit ihrer Placenta und ihrer Haut, sondern auch durch viele andere Charaktere als nächstverwandte Glieder eines einzigen Astes sich erweisen. Lediglich die Anpassung an den Aufenthalt im Wasser hat die Cetaceen in ähnlicher Weise von den Ungulaten entfernt, wie die Pinnipedien von den Carnivoren.

Erste Ordnung der Pycnodermen:
Ungulata. *Hufthiere.*

Die Ordnung der Ungulaten ist von allen Thiergruppen eine der interessantesten und lehrreichsten, vorzüglich auch desshalb, weil sie in der ausgezeichnetsten Weise die Unentbehrlichkeit der paläontologischen Entwickelungsgeschichte für das Verständniss der natürlichen Verwandtschaften nachweist. Wir zerfällen diese sehr natürliche Ordnung, welche eine trotz alles Formenreichthums durchaus einheitlich organisirte Gruppe darstellt, (gleichwie unter den Deciduaten die Nagethiere) in zwei Unterordnungen, Artiodactylen und Perissodactylen.

Soweit sich die Genealogie der Ungulaten gegenwärtig übersehen lässt, scheint die Familie der Lophiodonten den Ausgangspunkt der ganzen Ordnung zu bilden. Zu ihnen gehören die ältesten aller bekannten Ungulaten-Reste, welche sich schon im untersten Eocen (London-Thon) finden (*Coryphodon*). Ausserdem nehmen sie eine so zweifelhafte Mittelstellung zwischen Artiodactylen (Suilliden) und Perissodactylen (Tapiriden) ein, dass sie bald mit den ersteren, bald mit den letzteren vereinigt werden. Wahrscheinlich sind sie demnach die Stammväter der Ordnung, von denen die beiden Unterordnungen als zwei divergente Aeste ausgegangen sind.

Aus den Anoplotheriden, den Stammeltern des Artiodactylen-Zweiges, haben sich als zwei divergente Aeste die Anthracotheriden und Xiphodonten entwickelt, jene zu den Setigera und Obesa, diese zu den Ruminantia hinüberführend. Die ältesten Stammformen der Ruminantien sind die Dremotheriden, Mittelformen zwischen Moschiferen und Cervinen, aus denen diese beiden als divergente Aeste entstanden sind. Die Giraffen sind wohl bloss ein Zweig des Cervinen-Astes. Die Cavicornien haben sich wohl ebenfalls aus den Cervinen entwickelt, und zwar zunächst die Antilopiden, aus diesen die Aegoplasten (Caprinen). Aus letztern sind wahrscheinlich die Probatoden (Ovina) und aus diesen die Tauroden (Bovina) entstanden.

Aus den Palaeotheriden, den Stammeltern des Perissodactylen-Zweiges, haben sich wahrscheinlich als zwei divergente Aeste die Nasicornien und die Tapiriden entwickelt. Aus den Tapiriden sind als zwei

divergirende Zweige die Macrauchenien und die Anchitherien hervorgegangen, jene zur Section der Camele (Tylopoda), diese zur Section der Pferde (Solidungula) hinüberführend. Die Camele entfernen sich durch viele Charaktere (namentlich durch osteologische Eigenthümlichkeiten und durch die Placentarbildung) von den Ruminantien und nähern sich vielmehr den Pferden und den Tapiren, mit denen sie durch *Macrauchenia* verbunden sind.

Zweite Ordnung der Pycnodermen:
Cetacea. *Wale.*

Die Ordnung der Wale oder Walfische ist, wie bemerkt, den Ungulaten nächst verwandt, und verhält sich zu diesen eben so wie die Pinnipedien zu den Carnivoren. Die Cetaceen sind Ungulaten, welche durch Anpassung an das Leben im Wasser sich Fischen analog umgebildet haben Bei der innigen anatomischen uud systematischen Verwandtschaft der beiden Ordnungen kann der Ursprung der Cetaceen aus den Ungulaten kaum zweifelhaft sein. Wir theilen die Ordnung der Cetaceen in drei Unterordnungen: I. Phycoceta (*Sirenia*) oder pflanzenfressende Cetaceen (*Halicore*, *Manatus*, *Rhytina*). II. Autoceta (*Balaenia*) oder fleischfressende Cetaceen (*Delphinus*, *Hyperoodon*, *Monodon*, *Physeter*, *Balaena*). III. Zeugloceta (*Zeuglodontia*) oder Hydrarchen (*Zeuglodon* s. *Hydrarchos*). Von diesen drei Unterordnungen sind wahrscheinlich zunächst die Sirenien aus den Ungulaten hervorgegangen und zwar aus den Artiodactylen, unter denen die Obesen (*Hippopotamus*) ihnen am nächsten stehen. Die Autoceten und Zeugloceten sind wahrscheinlich zwei divergente Aeste der Phycoceten.

Zweite Legion der Monodelphien:
Deciduata. *Placentalthiere mit Decidua.*

Diese Legion umfasst alle Monodelphien, nach Ausschluss der Edentaten und Pycnodermen, welche sich durch Mangel der Decidua-Bildung wesentlich von den Deciduaten unterscheiden. Wir zerfällen diese Legion in zwei Sublegionen, welche durch die Form der Placenta verschieden sind: I. Zonoplacentalia, mit ringförmiger Placenta, und II. Discoplacentalia, mit scheibenförmiger Placenta.

Erste Sublegion der Deciduaten:
Zonoplacentalia. *Deciduaten mit gürtelförmiger Placenta.*

In dieser Sublegion fassen wir die beiden Ordnungen der Chelophoren und Carnarien zusammen, von denen jene die 4 Unterordnungen der Hyraciden, Toxodonten, Dinotherien und Elephanten, diese die beiden Unterordnungen der Landraubthiere (Carnivora) und der Seeraubthiere (Pinnipedia) enthält. So verschieden auch diese Zonoplacentalien durch Anpassung an verschiedenartige Nahrung und Lebensweise differenzirt sein mögen, so stimmen sie doch alle wesentlich überein durch einen sehr wichtigen anatomischen Charakter, welcher ihre nahe Blutsverwandtschaft beweist, nämlich die ringförmige Placenta. Offenbar ist diese ein gemeinsames Erbstück von einer gemeinschaftlichen unbekannten Stammform, und verbindet die beiden Ordnungen der Zonoplacentalien in ähnlicher Weise, wie die scheibenförmige Placenta die Discoplacentalien. Leider sind uns die fossilen Reste dieser Gruppe nur höchst unvollständig bekannt, und ihre Phylogenie daher zur Zeit noch sehr unklar. Wahrscheinlich war die gemeinsame Stamm-

form der Zonoplacentalien ebenso wie diejenige der Discoplacentalien, ein omnivores Deciduat, von dem als zwei divergente Zweige die beiden Ordnungen der pflanzenfressenden Chelophoren und der fleischfressenden Carnarien ausgingen. Unter den Discoplacentalien entsprechen den letzteren die Insectivoren, den ersteren die Rodentien.

Erste Ordnung der Zonoplacentalien:
Chelophora, H. *Hufträger.*

Diese Ordnung, welche den Rodentien unter den Discoplacentalien correspondirt, ist uns nur höchst unvollkommen durch einige wenige lebende Formen und sehr unvollständige fossile Fragmente bekannt, so dass ihre Genealogie sich nur sehr unsicher errathen lässt. Gewöhnlich werden die Chelophoren als Pachydermen (also als ein Theil der Ungulaten betrachtet), von denen sie aber nicht allein durch den Besitz einer Decidua und durch die gürtelförmige Placenta, sondern auch durch zahlreiche und sehr wichtige osteologische Charaktere wesentlich verschieden sind. Die auffallenden äusseren Aehnlichkeiten der Chelophoren und Ungulaten sind nur Analogieen, nicht Homologieen. Viel näher als den Ungulaten, sind die Chelophoren den Rodentien verwandt. Wir zerfällen die Chelophoren in vier Unterordnungen, die übrigens trotz aller gemeinsamen Charaktere so sehr divergiren, dass wir ihnen lieber den Rang von Ordnungen zugestehen möchten: I. Lamnungia: Familie der Hyraciden (*Hyrax*). II. Toxodonta: Familie der Toxodontiden (*Toxodon*). III. Gonyognatha: Familie der Dinotheriden (*Dinotherium*). IV. Proboscidea (*Mastodon*, *Elephas*). Die näheren Beziehungen der vier Unterordnungen zu einander sind wegen des Mangels ihrer verbindenden Zwischenformen schwer zu bestimmen. Doch zeigen einerseits die Lamnungien und Toxodonten, andrerseits die Gonyognathen und Proboscideen mehr Aehnlichkeit; vielleicht sind aber auch Toxodonten und Dinotherien nahe verwandt gewesen. Falls die letzteren Wasserthiere waren, verhielten sie sich zu den Elephanten ähnlich, wie die Cetaceen zu den Ungulaten.

Zweite Ordnung der Zonoplacentalien:
Carnaria, H. *Raubthiere.*

Diese Ordnung entspricht ebenso den Insectivoren unter den Discoplacentalien, wie die vorige den Rodentien. Doch ist sie uns weit vollständiger, als die vorhergehende, durch zahlreiche lebende und fossile Repräsentanten bekannt. Die Carnarien zerfallen in zwei nahverwandte Unterordnungen: I. Carnivora oder Landraubthiere, und II. Pinnipedia oder Seeraubthiere. Die letzteren sind erst später aus den ersteren durch Anpassung an das Leben im Wasser entstanden, und verhalten sich zu diesen ebenso, wie die Cetaceen zu den Ungulaten. Den Ausgangspunkt, und den elterlichen Stamm der ganzen Gruppe bildet die ausgestorbene Familie der Arctocyoniden oder Bärenhunde, welche durch Sohlengang und plumpe Körperform mehr mit den Bären, durch die Bildung des Gebisses dagegen mehr mit den Hunden (und theilweis auch mit den Viverren) übereinstimmten. Es gehören hierher die ältesten aller bekannten fossilen Carnarien, *Arctocyon* und *Palaeonyctis* aus dem unteren Eocen (Londonthon). Aus dieser Familie haben sich zunächst als reine Sohlengänger (Plantigrada) die Bären (Ursina) entwickelt, welche in der älteren Tertiär-Zeit überwiegend die Carnivoren repräsentiren. Aus ihnen haben sich weiterhin die Halbsoh-

lengänger (Semiplantigrada) hervorgebildet, die Familien der Viverrinen und Mustelinen, von denen namentlich die ersteren bereits mehrfache Uebergänge zu den echten Zehengängern (Digitigrada) enthalten, den Familien der Hunde (Canina) und Hyänen (Hyaenida). Aus den letzteren sind schliesslich die Katzen (Felina) als der höchst entwickelte Carnivoren-Zweig hervorgegangen. Die Hunde haben sich vielleicht auch unabhängig von den Viverren und Katzen direct aus den Bären oder aus den Arctocyoniden entwickelt. Die zweite Unterordnung, die der Seeraubthiere oder Pinnipedien hat sich wahrscheinlich aus den Musteliden entwickelt, unter denen noch jetzt die *Lutra* und *Enhydris* unmittelbare Uebergangsformen darstellen.

Zweite Sublegion der Deciduaten:

Discoplacentalia: *Deciduaten mit scheibenförmiger Placenta.*

Diese Legion erscheint weit formenreicher und entwickelungsfähiger, als die der Zonoplacentalien; doch können wir auch hier die beiden divergenten Gruppen der Pflanzenfresser und Fleischfresser unterscheiden, von denen die ersteren (den Chelophoren entsprechend) hier vorzüglich durch die Rodentien, die letzteren (den Carnivoren correspondirend) durch die Insectivoren vertreten werden. Einen eigenthümlichen Seitenzweig bilden die Fledermäuse (Chiroptera). Zwischen jenen beiden divergenten Gruppen hat sich jedoch bei den Discoplacentalien der gemeinsame omnivore Ahnenstamm, durch die Prosimien noch jetzt repräsentirt, nicht allein erhalten, sondern in der Ordnung der echten Affen, zu welcher auch der Mensch gehört, zur höchsten Organisations-Höhe emporgehoben. Dass diese fünf Ordnungen (Prosimiae, Rodentia, Insectivora, Chiroptera, und Simiae) nächst verwandt sind, wird nicht allein durch ihre scheibenförmige Placenta, sondern auch durch viele andere anatomische Eigenthümlichkeiten, sowie durch zahlreiche noch vorhandene Zwischenformen zwischen den einzelnen Ordnungen bewiesen. Da der Mensch selbst ein Glied dieser Legion ist, so erscheinen grade hier diese Uebergangsformen von der höchsten Bedeutung.

Erste Ordnung der Discoplacentalien:

Prosimiae (*Hemipitheci*). *Halbaffen.*

Die sehr merkwürdige und wichtige Ordnung der Halbaffen, von deren früherem Formenreichthum uns leider nur noch sehr wenige lebende Repräsentanten eine dürftige Vorstellung geben, und deren fossile Reste uns noch unbekannt sind, betrachten wir als die gradlinige Fortsetzung des uralten Discoplacentalien-Stammes, aus welchem sich die übrigen Ordnungen dieser Sublegion als divergente Aeste entwickelt haben. Wir glauben, dass diese Ansicht durch ihre zahlreichen und verwickelten Verwandtschafts-Beziehungen und durch die einzelnen, aber sehr wichtigen Uebergangs-Formen zu anderen Gruppen lediglich bestätigt wird. Es führen die Leptodoctyla, (*Chiromys*) von den Prosimien unmittelbar zu den Rodentien hinüber, die Macrotarsi (*Tarsius, Otolicnus*) zu den Insectivoren, die Ptenopleura (*Galeopithecus*) zu den Chiropteren, die Brachytarsi (*Lemur, Stenops*) zu den Simien. Sehr wichtig erscheint es uns ferner in dieser Beziehung, dass die niederen Prosimien unter allen bekannten Monodelphien in vielen Beziehungen den Didelphien am nächten stehen, insbesondere den Pedimanen (*Didelphys*). Alle diese Beziehungen sprechen dafür, dass die Prosimien (ähnlich wie die Selachier unter den Fischen, die Sozuren unter den Amphibien, die Lacertilien unter den Reptilien, die Saurophallen unter den Vögeln)

ein sehr alter idealer Typus sind (s. unten S. 222), von welchem viele verschiedene praktische Typen als divergente Aeste ausgegangen sind.

Zweite Ordnung der Discoplacentalien:
Rodentia (*Glires*). *Nager*.

Diese formenreiche, aber trotz aller Anpassungs-Divergenzen sehr einheitlich organisirte Ordnung bildet den rein herbivoren Zweig der Discoplacentalien, und entspricht als solcher den Chelophoren unter den Zonoplacentalien, zu denen sie noch vielfache Beziehungen besitzen (insbesondere die Subungulaten und Hyraciden). Die Ordnung der Nagethiere zerfällt in vier Unterordnungen. Von diesen hat sich zunächst wahrscheinlich diejenige der Eichhornartigen oder Sciuromorpha aus den Prosimien entwickelt, mit denen sie durch *Chiromys* noch jetzt unmittelbar verbunden ist. Hiermit stimmt auch die Paläontologie der Rodentien trefflich überein. Alle fossilen Nagethier-Reste der Eocen-Zeit gehören ausschliesslich Sciuriden oder Uebergangsformen derselben zu den anderen Ordnungen an. Aus den Sciuriden haben sich wahrscheinlich als zwei divergente Aeste die beiden Ordnungen der Mäuseartigen oder Myomorpha und der Stachelschweinartigen oder Hystrichomorpha entwickelt, jene durch eocene Myoxiden, diese durch eocene Psammoryctiden unmittelbar mit den Sciuriden zusammenhängend. Die vierte Unterordnung endlich, die der Hasenartigen oder Lagomorpha (Leporiden) ist, hinsichtlich ihres Ursprungs durch keine fossilen Documente aufgeklärt, hat sich aber wahrscheinlich aus Hystrichomorphen entwickelt.

Dritte Ordnung der Discoplacentalien:
Insectivora. *Insectenfresser*.

Wie die Rodentien den rein herbivoren, so repräsentiren die Insectivoren den rein carnivoren Zweig des Discoplacentalien-Stammes. Sie sind den Nagern viel näher als den Carnivoren verwandt, mit denen sie früher als „Ferae“ vereinigt wurden. Ausser der scheibenförmigen Placenta stimmen sie mit den Rodentien namentlich durch den Besitz grosser Samenblasen überein, welche den zonoplacentalien Carnivoren stets fehlen. Durch ähnliche Anpassung haben sich die einzelnen Gruppen der Insectivoren und Rodentien in auffallendem Parallelismus entwickelt. Es entsprechen die kletternden Scandentia (Cladobatida) den Sciuromorphen, die Soricida den Mäusen, die Talpida den Wühlmäusen unter den Myomorphen; die Igel (Aculeata) correspondiren den Hystrichomorphen. Die älteste Ausgangsgruppe der Ordnung scheinen die Scandentien zu bilden, welche den Macrotarsen unter den Prosimien am nächsten verwandt sind.

Vierte Ordnung der Discoplacentalien:
Chiroptera (*Volitantia*). *Fledermäuse*.

Die Ordnung der fliegenden Chiropteren ist ein Zweig des Discoplacentalien-Astes, welcher in ähnlicher Weise durch specielle Anpassung an das Leben in der Luft abgeändert worden ist, wie die Gruppe der schwimmenden Pinnipedien unter den Zonoplacentalien durch Anpassung an das Leben im Wasser. Wahrscheinlich haben sich die Chiropteren unmittelbar aus den Prosimien entwickelt, unter denen die Galeopitheken noch jetzt den Uebergang zu vermitteln scheinen. Von den beiden Unterordnungen der Chiropteren-

Ordnung, den Pterocynen (Frugivoren) und den Nycteriden (Insectivoren) haben sich wahrscheinlich die letzteren erst später aus den ersteren, diese dagegen unmittelbar aus den Prosimien entwickelt.

Fünfte Ordnung der Discoplacentalien:
Simiae (*Pitheci*). *Affen*.

Die Ordnung der echten Affen oder Simien, die letzte und oberste des Thierreichs, ist die höchste und vollkommenste Ordnung nicht allein unter den Discoplacentalien, sondern unter allen Säugethieren, da auch der Mensch aus derselben nicht ausgeschlossen werden kann. Die Affen haben sich jedenfalls unmittelbar aus den Halbaffen entwickelt, mit denen sie gewöhnlich als Primates vereinigt werden. Die Ordnung zerfällt in drei Unterordnungen: I. Arctopitheci oder Krallenaffen: Familie der Hapaliden (*Hapale*); II. Platyrrhinae oder Plattnasen (Amerikanische Affen): Familien der Aphyocerken (*Pithecia*, *Callithrix*) und Labidocerken (*Mycetes*, *Lagothrix*); III. Catarrhinae oder Schmalnasen (echte Affen der alten Welt): Section der Menocerken: Familie der Anasken (*Semnopithecus*) und der Ascopareen (*Cynocephalus*, *Inuus*); und Section der Lipocerken: Familien der Tylogluten (*Hylobates*), der Lipotylen (*Satyrus*, *Engeco*, *Gorilla*, *Dryopithecus*), und der Erecten (*Homo*) [1]).

---

[1]) Die systematischen Benennungen der drei grossen lebenden (Lipotylen) dürften am passendsten in der Weise geordnet werden, dass man jeden derselben als Repräsentanten eines besonderen Genus ansieht, da die Differenzen zwischen denselben vollkommen zu einer generischen Trennung hinreichen. Gewöhnlich werden Gorilla und Chimpanze als zwei Arten des Genus *Troglodytes* aufgeführt. Dieser Gattungs-Name ist zuerst von Géoffroy S. Hilaire 1812 für den Chimpanze eingeführt worden. Allein bereits 6 Jahre früher (1806) hatte Vieillot denselben generischen Namen für das Vogel-Genus aufgestellt, zu welchem unser kleinster europäischer Vogel, der Zaunkönig, *Troglodytes parvulus* gehört, und diese Benennung ist allgemein angenommen. Es muss daher der Genus-Name *Troglodytes*, wenn man Gorilla und Chimpanze unter demselben vereinigen will, durch eine neue Bezeichnung ersetzt werden, für welche der alte Name *Pongo* sich am besten eignen dürfte. Es wäre dann der Gorilla als *Pongo gorilla*, der Chimpanze als *Pongo troglodytes* zu bezeichnen. Will man dagegen, was uns passender erscheint, beide Affen als besondere Gattungen trennen, so ist für den Gorilla der bereits in Gebrauch gekommene Name *Gorilla engena* oder *Gorilla gina* beizubehalten. Der Chimpanze dürfte als generischen Namen am passendsten die Bezeichnung beibehalten, welche er in seiner Heimath bei den Negern führt: *Engeco;* und die Art würde nach den Regeln der systematischen Nomenclatur *Engeco troglodytes* zu nennen sein. Der Orang führt gewöhnlich entweder den Namen *Simia satyrus* oder *Pithecus satyrus;* da jedoch sowohl der Ausdruck *Simia* als auch *Pithecus* sehr häufig zur Bezeichnung der ganzen Ordnung der echten Affen, im Gegensatz zu den Halbaffen *(Prosimiae, Hemipitheci)* gebraucht wird, so erscheint es passend, seinen bisher gebräuchlichen Species-Namen zur Bezeichnung des Genus zu erheben, als welcher er bereits 1641 von Tulpius zur Bezeichnung eines Anthropoiden, „von den Indiern Orang-Outang genannt", verwendet wurde. Falls der *Simia morio* Owen's, wie es scheint, eine gute Art ist, so würde man beide Orang-Arten als *Satyrus orang* und *Satyrus morio* trennen können. Die Synonymie der Anthropoiden wäre demnach folgende:

1) Gorilla engena *(Gorilla gina, Simia gorilla, Troglodytes gorilla, Pongo gorilla)*.
2) Engeco troglodytes *(Simia troglodytes, Pithecus troglodytes, Troglodytes niger, Troglodytes leucoprymnus, Pongo troglodytes)*.
3) Satyrus orang *(Simia satyrus, Pithecus satyrus)*.
4) Satyrus morio *(Simia morio, Pithecus morio)*.

Anhang zur systematischen Einleitung in die Entwickelungsgeschichte.

Der Stammbaum des Menschen.

Bei der ausserordentlich hohen Bedeutung, welche die Systematik der Wirbelthiere und insbesondere der Affen für die „Frage aller Fragen", für die Frage „von der Stellung des Menschen in der Natur" besitzt, erscheint es gerechtfertigt, hier auf das System der Affen, mit welchem wir unsere vorhergehende genealogische Uebersicht des natürlichen Systems der Organismen abgeschlossen haben, noch einen näheren Blick zu werfen, und die systematische Stellung des Menschen in demselben zu erläutern. Wie wir unten im siebenten Buche zeigen werden, findet die Descendenz-Theorie ebenso auf den Menschen, wie auf jeden anderen Organismus, ihre volle und unbedingte Anwendung. Kein objectiver und vorurtheilsfreier Naturforscher kann bestreiten, dass der Mensch ein Wirbelthier, und zwar ein Säugethier, gleich allen anderen ist, und dass er demgemäss, wenn überhaupt die Descendenz-Theorie wahr ist, sich aus einem und demselben Stamme mit den ersteren entwickelt haben muss. Die Theorie, dass der Mensch von niederen Wirbelthieren, und zwar zunächst von unter ihm stehenden Säugethieren abstammt, ist eine vollkommen gesicherte und nothwendige Deduction, welche wir aus dem umfassenden Inductions-Gesetz der Descendenz-Theorie ableiten. Da wir dieses Verhältniss unten im XXVII. Capitel noch näher erörtern werden, wollen wir uns hier nicht länger bei der allgemeinen Begründung dieser hochwichtigen Frage aufhalten. Vielmehr soll hier lediglich die specielle Stellung des Menschen im System der Säugethiere vom rein zoologischen Standpunkte aus erörtert werden.

Glücklicherweise ist die Stellung des Menschen im System der Säugethiere so deutlich und fest ausgeprägt, es sind seine Verwandtschafts-Beziehungen zu den verschiedenen übrigen Gruppen der Säugethiere so klar und bestimmt durch seine noch lebenden nächsten Verwandten offenbart, dass der Stammbaum des Menschen mit viel grösserer Sicherheit und Leichtigkeit, als die Genealogie sehr vieler anderer Thiere sich in seinen allgemeinen Grundzügen feststellen lässt. Die anatomische Verwandtschaft des Menschen zu den Affen springt so sehr in die Augen, dass sie von allen Menschen, wenn auch nur als „körperliche Aehnlichkeit", unbestritten anerkannt wird, und dass bereits der Gründer der formalen Systematik, Linné, den Menschen mit den echten Affen und den Halbaffen in einer und derselben Ordnung der Primates vereinigte. Zwar haben verschiedene Schriftsteller den

Versuch gemacht, dem Menschen dadurch eine eximirte Stellung zu wahren, dass sie ihn zum Repräsentanten einer besonderen Subclasse der Säugethiere (*Archencephala*) oder gar einer besonderen Wirbelthierclasse (*Anthropi*) erhoben, und Einige sind sogar so weit gegangen, neben dem Pflanzenreich und dem Thierreich noch ein besonderes Menschenreich zu errichten. Indessen springt die Verkehrtheit aller dieser Versuche so sehr in die Augen, dass wir uns nicht mit deren Widerlegung aufzuhalten brauchen. Jeder objective Zoologe muss zugeben, dass in dem vorstehenden System der Säugethiere, welches auf den wichtigsten Vererbungs-Beziehungen der natürlichen Bluts-Verwandtschaft fusst, der Mensch ein Glied aus der Sublegion der Discoplacentalien ist. Gleich allen Affen, Fledermäusen, Insectenfressern, Nagethieren und Halbaffen gehört der Mensch in die Subclasse der Monodelphien oder der placentalen Säugethiere, in die Legion der Deciduaten, in die Sublegion der Discoplacentalien.

Weniger einfach ist die Beantwortung der Frage, welche Stellung der Mensch innerhalb der Discoplacentalien-Gruppe einzunehmen hat. Fast allgemein wird noch heute die Sublegion der Discoplacentalien in folgende fünf Ordnungen eingetheilt: 1. Rodentia (Nagethiere). 2. Insectivora (Insectenfresser). 3. Chiroptera (Fledermäuse). 4. Quadrumana (Vierhänder). 5. Bimana (Zweihänder). Die Ordnung der Bimana umfasst allein den Menschen, während die Ordnung der Quadrumana die echten Affen (Simiae) und die Halbaffen (Prosimiae) enthält. Huxley hat das Verdienst, in seinen vortrefflichen „Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur" zuerst nachgewiesen zu haben, dass diese Eintheilung eine völlig unberechtigte, die Trennung der Primaten-Ordnung Linné's in Bimana und Quadrumana eine durchaus künstliche ist, und dass der Fuss aller Affen und Halbaffen keine Hand, sondern ebenso ein echter Fuss, wie der Fuss des Menschen ist. Der Fuss unterscheidet sich von der Hand durch die charakteristische Anordnung der Fusswurzelknochen, die von der der Handwurzelknochen wesentlich verschieden ist, und durch den Besitz dreier besonderer charakteristischer Muskeln, welche der Hand fehlen (*Musculi peronaeus longus, flexor brevis, extensor brevis*). Diese Differenz von Hand und Fuss findet sich bei allen Primaten ebenso wie beim Menschen. Alle Primaten, alle echten Affen und Halbaffen, sind also in der That nicht *Quadrumana*, sondern *Bimana*, sie besitzen alle zwei Hände und zwei Füsse. Die Unterschiede aber, welche sich in der speciellen Differenzirung der Extremitäten bei den verschiedenen Primaten vorfinden, sind geringer zwischen dem Menschen und den nächstverwandten lipocerken Affen (*Gorilla* insbesondere), als zwischen diesen und den niederen Affen.

Ebenso wie mit den Extremitäten, welche man für den wichtigsten Differential-Charakter der Thiere hielt, verhält es sich mit allen anderen Charakteren. Der Bau des Schädels, des Gehirns und jedes anderen Körpertheils zeigt grössere Differenzen zwischen den niederen und den höchsten Affen, als zwischen diesen und dem Menschen. Huxley hat diese wichtige, fundamentale Thatsache (l. c.) so ausführlich und unumstösslich festgestellt, dass wir hier lediglich auf seine oben erwähnte Abhandlung zu verweisen brauchen, in welcher er auf Grund der sorgfältigsten anatomischen Untersuchungen zu dem höchst wichtigen Schlusse gelangt: „Wir mögen daher ein System von Organen vornehmen, welches wir wollen, die Vergleichung ihrer Modificationen in der Affenreihe führt uns zu einem und demselben Resultate:

dass die anatomischen Verschiedenheiten, welche den Menschen vom Gorilla und Chimpanze scheiden, nicht so gross sind, als die, welche den Gorilla von den niedrigeren Affen trennen."

Die Ordnung der Bimana ist also definitiv aufgelöst. Der Mensch kann innerhalb des zoologischen Systems nicht Anspruch darauf machen, Repräsentant einer besonderen Säugethier-Ordnung zu sein. Höchstens können wir ihm das Recht zugestehen, innerhalb der Primaten-Gruppe oder innerhalb der echten Affen-Ordnung eine besondere Familie zu bilden. Wir sagen: Höchstens! denn in der That sind die von Huxley so vortrefflich erläuterten „Beziehungen des Menschen zu den nächstniederen Thieren" noch innigere und nähere, als es nach seinem System scheinen könnte. Wir glauben, dass Huxley's System der Primaten in dieser Beziehung nicht scharf genug die bedeutenden quantitativen und qualitativen Differenzen der verschiedenen Primaten-Gruppen hervorhebt, und dass das verwickelte Verhältniss der Coordination und Subordination dieser Gruppen noch eine schärfere Definition erfordert. Huxley zerfällt die Ordnung der Primates in folgende „sieben Familien von ungefähr gleichem systematischen Werthe": 1. Anthropini (*Homo*), 2. Catarrhini (*Cynocephalus*, *Gorilla* etc.), 3. Platyrrhini (*Callithrix*, *Mycetes* etc.), 4. Arctopitheci (*Hapale*), 5. Lemurini (*Stenops*, *Tarsius* etc.), 6. Chiromyini (*Chiromys*), 7. Galeopithecini (*Galeopithecus*). Die ununterbrochene Stufenleiter von höchst vollkommenen zu höchst unvollkommenen Discoplacentalien, welche diese Kette der Primaten-Familien darbietet, begleitet Huxley mit folgender treffender Bemerkung: „Es bietet wohl kaum eine Säugethier-Ordnung eine so ausserordentliche Reihe von Abstufungen dar, wie diese; sie führt uns unmerklich von der Krone und Spitze der thierischen Schöpfung zu Geschöpfen herab, von denen scheinbar nur ein Schritt zu den niedrigsten, kleinsten und wenigst intelligenten Formen der placentalen Säugethiere ist. Es ist, als ob die Natur die Anmaassung des Menschen selbst vorausgesehen hätte, als wenn sie mit altrömischer Strenge dafür gesorgt hätte, dass sein Verstand durch seine eignen Triumphe die Sclaven in den Vordergrund stellt, den Eroberer daran mahnend, dass er nur Staub ist." So gewiss gerade diese ununterbrochene Stufenfolge von den niedrigsten nagethierartigen Discoplacentalien bis zu den höchsten, bis zum Menschen hinauf, von der höchsten Bedeutung ist, so wird doch das wahre genealogische Verhältniss der verschiedenen Gruppen zu einander nicht einfach durch das Bild einer Stufenleiter, sondern vielmehr durch dasjenige einer Astgruppe ausgedrückt, wie dies in der rechten oberen Ecke des Stammbaums auf Taf. VIII angedeutet ist. Zur näheren Erläuterung unseres schon vorher aufgestellten Affen-Systems mögen daher noch folgende Bemerkungen dienen.

Die Auflösung der Primaten-Ordnung in die beiden Ordnungen der echten Affen (*Simiae*) und der Halbaffen (*Prosimiae*) scheint uns deshalb geboten, weil die Ordnung der Halbaffen nach unserer Anschauung die Stammgruppe der Discoplacentalien bildet, welche zu allen übrigen Ordnungen dieser Sublegion in parentalem Verhältnisse steht, und selbst noch gegenwärtig durch vermittelnde Zwischenstufen unmittelbar mit ihnen verbunden ist. Wir betrachten also die Prosimien als gradlinige und sehr wenig veränderte Nachkommen des Discoplacentalien-Stammes, aus welchem die vier Ordnungen der Rodentien, Insectivoren,

Chiropterien und Simien als divergente Seitenlinien hervorgingen. Die Rodentien sind noch heute unmittelbar durch die Leptodactyla (*Chiromys*), die Insectivora durch die Macrotarsi (*Tarsius*, *Otolicnus*), die Chiroptera durch die Ptenopleura (*Galeopithecus*), die Simiae endlich durch die Brachytarsi (*Stenops*, *Lemur*) mit der parentalen Stammgruppe der Prosimiae oder Hemipitheci auf das innigste vereinigt. Dabei erinnern wir nochmals ausdrücklich daran, dass von allen Monodelphien die Prosimien den Didelphien, und zwar deren Stammgruppe, den Pedimanen (*Didelphys*) am nächsten stehen, und uns die Abkunft der ersteren von den letzteren zu verrathen scheinen.

Das System der echten Affen (*Simiae* s. *Pitheci*), welche demnach von den Halbaffen zu trennen sind und mit Einschluss des Menschen eine besondere Ordnung für sich bilden, scheint sich nach folgenden Gesichtspunkten ordnen zu lassen. Zunächst kann man als zwei selbstständige Aeste eines uralten Simien-Stammes, welche sich unabhängig von einander auf ihrem eigenen, scharf abgegränzten geographischen Gebiete entwickelt haben, die Affen der alten Welt (*Heopitheci*) und die Affen der neuen Welt (*Hesperopitheci*) trennen. Die ersteren bilden die Unterordnung der Schmalnasen oder Catarrhinae, die letzteren die Unterordnung der Plattnasen oder Platyrrhinae. Die kleine Familie der Hapaliden (*Hapale*, *Midas*), welche wir als eine dritte Unterordnung (Arctopitheci) aufgeführt haben, und welche ebenfalls auf die neue Welt beschränkt sind, hat sich entweder unten von der Wurzel der Platyrrhinen abgezweigt, oder schon früher von dem gemeinsamen uralten Simien-Stamme, vielleicht auch direct von den Prosimien. Wenn wir von dieser kleinen, tiefstehenden Affengruppe absehen, welche für den menschlichen Stammbaum weiter kein Interesse haben, so bleiben uns nur die beiden Unterordnungen der echten Affen der alten und neuen Welt, Catarrhinen und Platyrrhinen übrig, welche in ihrer unabhängigen und doch parallelen Entwickelung ein ungewöhnliches Interesse darbieten. Man kann nicht einfach die Platyrrhinen als niedere und unvollkommnere, die Catarrhinen als höhere und vollkommnere Affen bezeichnen, denn beide Gruppen haben sich unabhängig von einander, als zwei divergente, coordinirte Zweige, zu ihrer typischen Vollkommenheit selbstständig entwickelt; und unter den Platyrrhinen in Amerika haben sich die am meisten veredelten Affen (*Callithrix*, *Cebus*) durch fortschreitende Vervollkommnung des Schädels und Gehirns und dem entsprechend ihres Geistes, ebenso über die niederen Plattnasen erhoben, wie die Menschen über die Affen der alten Welt.

Der Mensch ist ohne Zweifel aus den Catarrhinen der alten Welt entstanden und er kann von dieser Unterordnung der echten Affen im Systeme nicht getrennt werden. Wir können nicht Anthropinen, Catarrhinen und Platyrrhinen als drei coordinirte Familien betrachten. Der Mensch hat dieselbe charakteristische Nase wie alle Catarrhinen, eine schmale Nasenscheidewand, und nach unten gerichtete Nasenlöcher, während alle Platyrrhinen eine breite Nasenscheidewand besitzen, so dass die Nasenlöcher nicht nach unten, sondern nach der Seite geöffnet sind. Der Mensch hat ferner vollkommen dasselbe Gebiss, wie alle Catarrhinen, nämlich in jeder Kieferhälfte zwei Schneidezähne, einen Eckzahn, zwei Lückenzähne (falsche Backzähne) und drei Mahlzähne (echte Backzähne), zusammen also 32 Zähne. Alle Platyrrhinen

haben dagegen 36 Zähne, nämlich in jeder Kieferhälfte einen Lückenzahn mehr [1]).

Wir können also keinen zoologischen Charakter entdecken, durch welchen wir den Menschen als besondere Unterordnung von den Catarrhinen zu trennen vormöchten. Sehen wir nun weiter zu, wie sich der Mensch zu den verschiedenen untergeordneten Gruppen der Catarrhinen verhält. Man kann in dieser Unterordnung zunächst als zwei divergente Gruppen die beiden Sectionen der geschwänzten (*Menocerca*) und der schwanzlosen Catarrhinen (*Lipocerca*) unterscheiden. Bekanntlich wird von den meisten Menschen ein ausserordentlicher Werth gerade auf den Besitz eines Schwanzes, als auf das wesentlichste differentielle Merkmal der echten Affen gelegt, und die Entdeckung „geschwänzter Menschen" galt lange als das erste Postulat für den Nachweis wirklicher Verwandtschaft von Menschen und Affen. Und doch ist die ganze Section der Lipocerken oder Anthropoiden ebenso ungeschwänzt, wie der Mensch selbst, oder vielmehr, sie besitzen, ebenso wie der Mensch selbst, unter der Haut versteckt die rudimentäre Schwanzwirbelsäule (Vertebrae coccygeae), welche als dysteleologisches Erbstück von ihren gemeinsamen Voreltern von sehr hoher morphologischer Bedeutung ist. Wenn wir also Menocerke und Lipocerke unter den Catarrhinen unterscheiden wollen, so unterliegt es keinem Zweifel, dass der Mensch zur Section der Lipocerken gerechnet werden muss. Dabei ist noch besonders hervorzuheben, dass die Differenzen, welche den Menschen vom vollkommensten Lipocerken, dem Gorilla trennen, immer noch geringer sind, als diejenigen, welche den letzteren von den unvollkommneren Menocerken, z. B. dem Cynocephalus, trennen.

Man könnte endlich noch einen Schritt weiter gehen und die Lipocerken in Tylogluten und Lipotylen trennen. Die Tylogluten, durch das Genus *Hylobates* repräsentirt, haben noch dieselben Gesässschwielen (Tyla glutaea), welche sämmtliche Anasken und Ascopareen besitzen. Die Lipotylen oder die eigentlichen Anthropoiden haben nicht bloss den Schwanz, sondern auch die Gesässschwielen verloren. Das Gesäss ist hier behaart, während es beim Menschen nackt ist: auch durch eine Anzahl anderer Charaktere nähern sich die *Hylobates* mehr den Menocerken, als den Lipotylen, und man kann daher ganz wohl die Tylogluten als eine Uebergangsform von jenen zu diesen auffassen. Als eine dritte Familie der Lipocerken kann man dann den Tylogluten und den Lipotylen die Menschen-Gruppe als *Gymnogluta* oder *Erecta* oder *Humana* gegenüber stellen.

Zu den Lipotylen gehören die berühmten menschenähnlichen Affen oder die Anthropoiden im engeren Sinne, die drei Genera *Satyrus*, *Engeco* und *Gorilla*, sowie höchst wahrscheinlich auch der neuerdings entdeckte fossile *Dryopithecus*, welcher eine sehr wichtige Zwischenform zwischen dem Gorilla und dem Menschen herstellt. Zwar kennt man von

[1]) Nicht mit Recht legt man noch immer allgemein grosses Gewicht auf die vollkommen geschlossene Zahnreihe des Menschen, welche ausserdem nur noch die Anoplotherien, die alten Stammväter der Ungulaten oder Hufthiere, mit dem Menschen theilen sollen. Und doch sind Menschen mit einer grossen Zahnlücke, verursacht durch das Herüberragen der übermässig entwickelten Eckzähne aus der einen in die andere Kieferhälfte, keineswegs selten. Gewiss die meisten Schädelsammlungen werden menschliche Schädel besitzen, bei denen diese starken Eckzähne (oft ganz wie Stosszähne oder „Hauer"), ebenso oder noch stärker, als bei andern Catarrhinen, vorragen.

diesem *Dryopithecus Fontani* bis jetzt fast bloss Unterkiefer und Zähne, welche 1856 in einer miocenen Süsswasser-Ablagerung am Fusse der Pyrenäen gefunden wurden. Indessen beweisen dieselben zur Genüge die miocene oder mitteltertiäre Existenz eines riesigen europäischen Anthropoiden, welcher den Gorilla an Grösse übertraf, und dem Menschen wahrscheinlich noch bedeutend näher stand, als alle jetzt noch lebenden Anthropoiden. Wenigstens ist die Form des Unterkiefers selbst noch menschenähnlicher, als selbst diejenige des Chimpanze [1]).

Was nun die Blutsverwandtschaft des Menschen zu diesen Anthropoiden betrifft, so darf jedenfalls keines der drei noch lebenden Genera (wie überhaupt keine der lebenden Affen-Formen) als ein unmittelbarer Vorfahr des Menschen angesehen werden; dagegen ist es wohl möglich, dass der fossile *Dryopithecus* zu diesen Vorfahren zählt. Eben so sicher erscheint uns aber auf der andern Seite der Schluss, dass alle bekannten Lipocerken, Hylobates, Gorilla, Engeco und Satyrus und der Mensch selbst, von einem und demselben alten, uns unbekannten lipocerken Catarrhinen, als gemeinsamem Stammvater, abstammen.

Die Frage, ob man dem Menschen die Ehre gönnen soll, eine besondere Familie: *Erecta*, *Humana* oder *Anthropina*, neben den Anthropoiden und Tylogluten, oder eine besondere Section neben den Lipocerken zu repräsentiren, oder ob man ihn mit den Anthropoiden zusammen in der Familie der Lipotylen vereinigt lassen soll, ist im Ganzen nur von sehr untergeordnetem Werthe. Denn die Discoplacental-Natur des Menschen, die Thatsache, dass er in den Anthropoiden seine nächsten Blutsverwandten besitzt, wird dadurch in keiner Weise verwischt, dass wir eine besondere Familie für ihn stiften, ebenso wenig als durch die verunglückten Versuche, den Menschen als Repräsentanten einer besonderen Ordnung, einer besondern Classe oder gar eines besondern Reiches hinzustellen. Von rein zoologisch-systematischem Standpunkte aus würde es schwer halten, irgend ein anatomisches Merkmal aufzufinden, welches in so scharfer und präciser Form die Humanen gegenüber den Anthropoiden charakterisirt, und dieselben von den Lipocerken so scharf trennt, wie der Besitz des Schwanzes die Menocerken trennt. Am ersten könnte noch der aufrechte Gang des Menschen angeführt werden, den aber auch bereits mehrere *Hylobates*-Arten und der Gorilla zeitweis annehmen. Auch die Bildung der Extremitäten und des Gebisses erlaubt uns nicht, eine scharfe Diagnose aufzustellen, welche den Menschen ebenso streng von den Lipocerken, wie diese von den Menocerken scheidet. Jedenfalls bleiben die Menschen im zoologischen System ein Bestandtheil der Unterordnung Catarrhinae, und entfernen sich innerhalb derselben weniger von den übrigen Lipocerken, als diese von den Menocerken.

System der Säugethiere.

(Erläuterung der Tafel VIII.)

Classis: **Mammalia.**

Erste Subclasse der Säugethiere:

Ornithodelphia (s. *Amasta*). *Brustlose.*

I. Ordo: **Monotremata.** *Kloakenthiere.*

Familia: Ornithorhynchida *(Ornithorhynchus)*
Familia: Echidnida *(Echidna).*

Zweite Subclasse der Säugethiere:

Didelphia (s. *Marsupialia*). *Beutelthiere.*

Erste Legion der Didelphien:

Botanophaga, H. *Pflanzenfressende Beutelthiere.*

I. Ordo: **Carpophaga.** *Früchtefressende Beutelthiere.*

Familia: Phalangistida *(Phalangista, Petaurus)*
Familia: Phascolarctida *(Phascolarctos).*

II. Ordo: **Rhizophaga.** *Wurzelfressende Beutelthiere.*

Familia: Phascolomyida s. *Glirina (Phascolomys).*

III. Ordo: **Barypoda,** H. *Hufbeutelthiere.*

Familia: Stereognathida *(Stereognathus, Pliolophus).*
Familia: Nototherida *(Nototherium, Diprotodon).*

IV. Ordo: **Macropoda.** *Kängurubs.*

Familia: Halmaturida *(Halmaturus, Macropus, Hypsiprymnus).*

Zweite Legion der Didelphien:

Zoophaga, H. *Fleischfressende Beutelthiere.*

I. Ordo: **Pedimana.** *Affenfüssige Beutelthiere.*

Familia: Didelphyida *(Didelphys)*
Familia: Chironectida *(Chironectes).*

II. Ordo: **Cantharophaga,** H. *Insectenfressende Beutelthiere.*

Familia: Phascolotherida *(Phascolotherium, Thylacotherium, Microlestes)*
Familia: Myrmecobida *(Myrmecobius, Plagiaulax)*
Familia: Peramelida s. *Syndactylina (Perameles, Choerupus).*

III. Ordo: **Edentula.** *Zahnarme Beutelthiere.*

Familia: Tarsipedina *(Tarsipes).*

IV. Ordo: **Creophaga,** H. *Raubbeutelthiere.*

Familia: Dasyurida *(Dasyurus, Thylacinus).*

Dritte Subclasse der Säugethiere:
Monodelphia *(s. Placentalia). Placentalthiere.*

Erste Legion der Monodelphien:
Indecidua. *Placentalthiere ohne Decidua.*

Erste Sublegion der Indeciduen:
Edentata *(Bruta). Zahnlose.*

I. Ordo: **Edentata** *(Bruta). Zahnlose.*

1. Familia: Vermilinguia *(Myrmecophaga, Manis, Macrotherium)*
2. Familia: Cingulata *(Dasypus, Chlamyphorus, Glyptodon)*
3. Familia: Gravigrada *(Megatherium, Mylodon, Megalonyx)*
4. Familia: Bradypoda *(Bradypus, Choloepus).*

Zweite Sublegion der Indeciduen:
Pycnoderma, H. *Derbhäuter.*

I. Ordo: **Ungulata.** *Hufthiere.*

I. Subordo: **Artiodactyla.** *Paarzehige* [1]).

1. Sectio: Choeromorpha, H. *Schweineförmige.*

1. Familia: Lophiodonta *(Lophiodon, Coryphodon, Pachynolophus)*
2. Familia: Anoplotherida *(Anoplotherium, Chalicotherium, Eurytherium)*
3. Familia: Anthracotherida *(Anthracotherium, Choeropotamus)*
4. Familia: Setigera s. Suillida *(Sus, Dicotyles, Palaeochoerus)*
5. Familia: Obesa s. Hippopotamida *(Hippopotamus)*
6. Familia: Xiphodonta *(Xiphodon, Dichodon, Dichobune)*

2. Sectio: Ruminantia. *Wiederkäuer.*

I. Subsectio: **Elaphia,** H. *Hirschförmige.*

1. Familia: Dremotherida *(Poëbrotherium, Dremotherium, Dorcatherium)*
2. Familia: Moschifera *(Amphitragulus, Tragulus, Moschus)*
3. Familia: Cervina *(Orotherium, Palaeomeryx, Cervus)*
4. Familia: Giraffae s. Devexa *(Sivatherium, Camelopardalis)*

II. Subsectio: **Cavicornia.**

5. Familia: Antilopida s. Gazellae *(Antilope, Capella)*
6. Familia: Aegomorpha s. Caprina *(Capra, Ibex)*
7. Familia: Probatoda s. Ovina *(Tragelophus, Ovis)*
8. Familia: Tauroda s. Bovina *(Ovibos, Bos)*

II. Subordo: **Perissodactyla.** *Unpaarzehige.*

1. Sectio: Tapiromorpha, H. *Tapirförmige.*

1. Familia: Palaeotherida *(Propalaeotherium, Palaeotherium)*
2. Familia: Tapirida s. Nasuta *(Tapirus)*
3. Familia: Nasicornia s. Rhinocerida *(Acerotherium, Rhinoceros)*

2. Sectio: Tylopoda. *Schwielenfüsser.*

4. Familia: Camelida *(Macrauchenia, Auchenia, Camelus)*

3. Sectio: Solidungula. *Einhufer.*

5. Familia: Equuina *(Anchitherium, Hipparion, Equus).*

---

1) Noch immer werden fast allgemein die Ungulaten in die drei Ordnungen der P chydermata, Ruminantia und Solidungula gespalten, obgleich längst die za reichen fossilen Ungulaten-bekannt sind, welche diese Eintheilung als eine durchaus kün liche und unnatürliche nachweisen. Die ganz verwerfliche Gruppe der Pachydermen e hält theils Artiodactylen *(Choeromorpha)*, theils Perissodactylen *(Tapiromorph* von denen erstere mit den Ruminantien, letztere mit den Solidungulen enger und näh als beide unter sich verwandt sind. Ausserdem werden zu den Pachydermen auch noch Proboscideen *(Elephas)* und Lamnungien *(Hyrax)* gerechnet, welche echte Deciduaten si

II. Ordo: **Cetacea.** *Walthiere.*

I. Subordo: **Phycoceta,** H. (*Sirenia*). *Pflanzenfressende Wale.*

1. Familia: Manatida (*Manatus*, *Halicore*, *Halianassa*)
2. Familia: Rhytinida (*Rhytine*).

II. Subordo: **Autoceta,** H. (*Balaenia*). *Fleischfressende Wale.*

1. Familia: Delphinida (*Delphinus*, *Phocaena*, *Arionius*, *Stereodelphis*)
2. Familia: Hyperoodonta (*Hyperoodon*, *Ziphius*, *Dioplodon*)
3. Familia: Monodonta (*Monodon*)
4. Familia: Physeterida (*Physeter*)
5. Familia: Balaenida (*Balaena*, *Balaenoptera*).

III. Subordo: **Zeugloceta,** H. (*Zeuglodonta*). *Drachenwale.*

1. Familia: Zeuglodontida (*Zeuglodon* s. *Hydrarchos*).

Zweite Legion der Monodelphien:
Deciduata. *Placentalthiere mit Decidua.*

Erste Sublegion der Deciduaten:
Zonoplacentalia. *Deciduaten mit gürtelförmiger Placenta.*

I. Ordo: **Chelophora,** H. *Hufträger.*

I. Subordo: **Lamnungia.** *Klippdachse.*

1. Familia: Hyracida (*Hyrax*).

II. Subordo: **Toxodonta.** *Pfeilzähner.*

1. Familia: Toxodonta (*Toxodon*, *Nesodon*).

III. Subordo: **Gonyognatha,** H. *Winkelkiefer.*

1. Familia: Dinotherida (*Dinotherium*).

IV. Subordo: **Proboscidea.** *Elephanten.*

1. Familia: Elephantida (*Mastodon*, *Elephas*).

II. Ordo: **Carnaria,** H. *Raubthiere.*

I. Subordo: **Carnivora.** *Landraubthiere.*

1. Familia: Arctocyonida (*Arctocyon*, *Palaeonyctis*)
2. Familia: Amphicyonida (*Amphicyon*, *Hyaenodon*)
3. Familia: Ursina (*Tylodon*, *Ursus*, *Procyon*, *Nasua*)
4. Familia: Viverrina (*Viverra*, *Soricictis*)
5. Familia: Mustelina (*Mustela*, *Gulo*, *Lutra*, *Thalassictis*)
6. Familia: Canina (*Palaeocyon*, *Cynodon*, *Canis*)
7. Familia: Hyaenida (*Hyaena*)
8. Familia: Felina (*Pseudailurus*, *Machaerodus*, *Felis*).

II. Subordo: **Pinnipedia.** *Seeraubthiere.*

1. Familia: Phocida (*Phoca*, *Cystophora*, *Otaria*)
2. Familia: Trichecida (*Trichecus*).

Zweite Sublegion der Deciduaten:
Discoplacentalia. *Deciduaten mit scheibenförmiger Placenta.*

I. Ordo: **Prosimiae** (*Hemipitheci*). *Halbaffen.*

1. Familia: Leptodactyla (*Chiromys*)
2. Familia: Ptenopleura (*Galeopithecus*)
3. Familia: Macrotarsi (*Tarsius*, *Otolicnus*)
4. Familia: Brachytarsi (*Lemur*, *Stenops*).

II. Ordo: **Rodentia** *(Glires). Nagethiere.*

I. Subordo: **Sciuromorpha.** *Eichhornköpfige Nagethiere.*

1. Familia: Sciurina (*Sciurus*, *Tamias*, *Pteromys*)
2. Familia: Arctomyida (*Arctomys*, *Spermophilus*, *Plesiarctomys*).

II. Subordo: **Myomorpha.** *Mäuseköpfige Nagethiere.*

1. Familia: Myoxida (*Myoxus*)
2. Familia: Sciurospalacida (*Ascomys*, *Thomomys*)
3. Familia: Murina (*Mus*, *Cricetus*, *Hypudaeus*)
4. Familia: Georrhychida (*Spalax*, *Georrhychus*, *Bathyergus*)
5. Familia: Castorida (*Castor*)
6. Familia: Jaculina (*Jaculus*, *Dipus*, *Pedetes*).

III. Subordo: **Hystrichomorpha.** *Stachelschweinköpfige Nagethiere.*

1. Familia: Hystricida (*Hystrix*, *Synetheres*)
2. Familia: Psammoryctida (*Psammoryctes*, *Myopotamus*, *Adelomys*)
3. Familia: Lagostomida (*Lagostomus*, *Eriomys*, *Lagidium*)
4. Familia: Dasyproctida s. *Subungulata* (*Dasyprocta*, *Cavia*, *Hydrochoerus*).

IV. Subordo: **Lagomorpha.** *Hasenköpfige Nagethiere.*

1. Familia: Leporina s. *Duplicidentata* (*Lagomys*, *Lepus*).

III. Ordo: **Insectivora.** *Insectenfresser.*

I. Subordo: **Menotyphla,** H. *Insectenfresser mit Blinddarm.*

1. Familia: Cladobatida s. *Scandentia* (*Cladobates*, *Tupaja*)
2. Familia: Macroscelidia s. *Salientia* (*Macroscelides*, *Rhynchocyon*).

II. Subordo: **Lipotyphla,** H. *Insectenfresser ohne Blinddarm.*

1. Familia: Soricida (*Sorex*, *Crossopus*, *Crocidura*)
2. Familia: Talpida (*Talpa*, *Condylura*, *Chrysochloris*)
3. Familia: Erinaceidea (*Erinaceus*, *Gymnura*)
4. Familia: Centetida (*Centetes*, *Solenodon*).

IV. Ordo: **Chiroptera.** *(Volitantia) Fledermäuse.*

I. Subordo: **Pterocynes.** (*Frugivora*) *Früchtefressende Fledermäuse.*

1. Familia: Pteropodida (*Pteropus*, *Macroglossus*)
2. Familia: Hypodermida (*Hypoderma*).

II. Subordo: **Nycterides.** (*Insectivora*) *Insectenfressende Fledermäuse.*

1. Familia: Gymnorrhina (*Vespertilio*, *Dysopes*, *Noctilio*)
2. Familia: Histiorrhina (*Rhinolophus*, *Megaderma*, *Phyllostoma*).

V. Ordo: **Simiae.** *(Pitheci) Affen.*

I. Subordo: **Arctopitheci.** *Krallenaffen.*

1. Familia: Hapalida (*Hapale*, *Midas*).

II. Subordo: **Platyrrhinae.** *Plattnasige Affen.*

1. Familia: Aphyocerca, H. (*Nyctipithecus*, *Pithecia*, *Callithrix*)
2. Familia: Labidocerca, H. (*Mycetes*, *Lagothrix*, *Ateles*).

III. Subordo: **Catarrhinae.** *Schmalnasige Affen.*

1. Sectio: Menocerca, H. *Geschwänzte Catarrhinen.*

1. Familia: Anasca, H. (*Colobus*, *Semnopithecus*)
2. Familia: Ascoparea, H. (*Cynocephalus*, *Inuus*, *Cercopithecus*).

2. Sectio: Lipocerca, H. *Schwanzlose Catarrhinen.*

1. Familia: Tylogluta, H. (*Hylobates*)
2. Familia: Lipotyla, H. (*Satyrus*, *Engeco*, *Gorilla*, *Dryopithecus*)
3. Familia: Erecta s. *Humana* (*Pithecanthropus*, *Homo*).

Fünftes Buch.

Erster Theil der allgemeinen Entwickelungsgeschichte.

Generelle Ontogenie

oder

Allgemeine Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen.

(Embryologie und Metamorphologie.)

„Wagt ihr, also bereitet, die letzte Stufe zu steigen
Dieses Gipfels, so reicht mir die Hand und öffnet den freien
Blick ins weite Feld der Natur. Sie spendet die reichen
Lebensgaben umher, die Göttin; aber empfindet
Keine Sorge, wie sterbliche Frau'n, um ihrer Gebornen
Sichere Nahrung; ihr ziemet es nicht: denn zwiefach bestimmte
Sie das höchste Gesetz, beschränkte jegliches Leben,
Gab ihm gemessnes Bedürfniss, und ungemessene Gaben,
Leicht zu finden, streute sie aus, und ruhig begünstigt
Sie das muntre Bemühn der vielfach bedürftigen Kinder;
Unerzogen schwärmen sie fort nach ihrer Bestimmung."

„Zweck sein selbst ist jegliches Thier; vollkommen entspringt es
Aus dem Schooss der Natur und zeugt vollkommene Kinder.
Alle Glieder bilden sich aus nach ew'gen Gesetzen,
Und die seltenste Form bewahrt im Geheimen das Urbild."

„So ist jedem der Kinder die volle reine Gesundheit
Von der Mutter bestimmt: denn alle lebendigen Glieder
Widersprechen sich nie und wirken alle zum Leben.
Also bestimmt die Gestalt die Lebensweise des Thieres:
Und die Weise zu leben, sie wirkt auf alle Gestalten
Mächtig zurück. So zeiget sich fest die geordnete Bildung,
Welche zum Wechsel sich neigt durch äusserlich wirkende Wesen.
Doch im Innern befindet die Kraft der edlern Geschöpfe
Sich im heiligen Kreise lebendiger Bildung beschlossen.
Diese Grenzen erweitert kein Gott, es ehrt die Natur sie:
Denn nur also beschränkt war je das Vollkommene möglich."

„Dieser schöne Begriff von Macht und Schranken, von Willkür
Und Gesetz, von Freiheit und Maass, von beweglicher Ordnung,
Vorzug und Mangel, erfreue dich hoch; die heilige Muse
Bringt harmonisch ihn dir, mit sanftem Zwange belehrend.
Keinen höhern Begriff erringt der sittliche Denker,
Keinen der thätige Mann, der dichtende Künstler; der Herrscher,
Der verdient es zu sein, erfreut nur durch ihn sich der Krone.
Freue dich, höchstes Geschöpf der Natur, du fühlest dich fähig,
Ihr den höchsten Gedanken, zu dem sie schaffend sich aufschwang,
Nachzudenken. Hier stehe nun still und wende die Blicke
Rückwärts, prüfe, vergleiche, und nimm vom Munde der Muse,
Dass du schauest, nicht schwärmst, die liebliche volle Gewissheit."

Goethe (die Metamorphose der Thiere. 1819).

Sechzehntes Capitel.

Begriff und Aufgabe der Ontogenie.

> Werdend betrachte sie nun, wie nach und nach sich die Pflanze,
> Stufenweise geführt, bildet zu Blüthen und Frucht.
> Also prangt die Natur in hoher voller Erscheinung;
> Und sie zeiget, gereiht, Glieder an Glieder gestuft.
> Jede Pflanze verkündet dir nun die ew'gen Gesetze,
> Jede Blume, sie spricht lauter und lauter mit dir.
> Aber entzifferst du hier der Göttin heilige Lettern,
> Ueberall siehst du sie dann, auch in verändertem Zug;
> Kriechend zaudre die Raupe, der Schmetterling eile geschäftig,
> Bildsam ändre der Mensch selbst die bestimmte Gestalt!
>
> Goethe (die Metamorphose der Pflanzen. 1817).

I. Die Ontogenie als Entwickelungsgeschichte der Bionten.

Die Ontogenie oder Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen ist die gesammte Wissenschaft von den Formveränderungen, welche die Bionten oder physiologischen Individuen während der ganzen Zeit ihrer individuellen Existenz durchlaufen, von ihrer Entstehung an bis zu ihrer Vernichtung. Die Aufgabe der Ontogenie ist mithin die Erkenntniss und die Erklärung der individuellen Formveränderungen, d. h. die Feststellung der bestimmten Naturgesetze, nach welchen die Formveränderungen der morphologischen Individuen erfolgen, durch welche die Bionten repräsentirt werden.

Begriff und Aufgabe der Ontogenie im Allgemeinen haben wir bereits im ersten Buche (Bd. I, S. 53) festgestellt, wo wir die gesammte Morphogenie oder Entwickelungsgeschichte der Organismen in die beiden coordinirten und parallelen Zweige der Ontogenie und Phylogenie, die Entwickelungsgeschichte der Individuen (Onten oder Bionten) und der Stämme (Phylen oder Typen) gespalten haben. Die nahe Verwandt-

schaft zwischen diesen beiden sich gegenseitig ergänzenden Disciplinen ist dort hervorgehoben. Allgemein pflegt man unter Entwickelungsgeschichte der Organismen nur diejenige der organischen Individuen, die Ontogenie, zu verstehen, und dieselbe gewöhnlich als Embryologie zu bezeichnen. Die Entwickelungsgeschichte der organischen Stämme oder Phylen dagegen, die Phylogenie, welche die Genealogie und Paläontologie der Organismen umfasst, ist in ihrem wahren Werthe als Entwickelungsgeschichte bisher nur von wenigen Naturforschern gewürdigt und von den meisten als eine weit abliegende, der Embryologie fremde Wissenschaft betrachtet worden. Und doch sind auch die Stämme oder Typen organische Einheiten, welche sich entwickeln, und lassen sich als genealogische Individualitäten höheren Ranges den physiologischen Individuen, welche Object der Ontogenie sind, an die Seite stellen.

Die organischen Individuen, deren Entwickelung die Ontogenie untersucht, sind die physiologischen Individuen oder Bionten, deren Natur im zehnten Capitel erläutert worden ist. Wie wir dort sahen, haben die actuellen physiologischen Individuen, d. h. die Lebenseinheiten, welche als concrete, räumlich abgeschlossene Repräsentanten der Species sich selbst zu erhalten und eine unabhängige Existenz zu führen fähig sind, in den verschiedenen Abtheilungen der drei organischen Reiche, und ebenso in den verschiedenen Lebensaltern einer und derselben organischen Species einen sehr verschiedenen morphologischen Werth. Alle die sechs verschiedenen Ordnungen von morphologischen Individuen, welche wir im neunten Capitel geschildert haben, können zeitlebens die physiologische Individualität repräsentiren und ebenso muss jedes physiologische Individuum, welches eine höhere morphologische Stufe darstellt, im Laufe seiner individuellen Entwickelung die vorhergehenden niederen Stufen, von der ersten Ordnung, der Plastide an, durchlaufen haben.

Wenn wir also auch allgemein und mit Recht als die Aufgabe der Ontogenie die Entwickelungsgeschichte der physiologischen Individuen bezeichnen können, so wird doch der reale Inhalt dieser Disciplin eigentlich die concrete Entwickelungsgeschichte der morphologischen Individuen sein, welche in allen sechs verschiedenen Stufen, von der Plastide bis zum Cormus, die physiologische Individualität repräsentiren können. Denn immer ist es entweder eine einzelne Plastide, oder (in den meisten Fällen) eine Mehrheit von Plastiden, zu einer höheren morphologischen Einheit verbunden, welche der Lebenseinheit des Bion als materielles Substrat dient. Im ersteren Falle, wenn das physiologische Individuum oder Bion zeitlebens auf der Stufe einer Formeinheit erster Ordnung (Plastide) stehen bleibt, ist seine Ontogenie die Entwickelungsgeschichte dieser Plastide (z. B. bei vielen Protisten, den einzelligen Algen). Im zweiten Falle

dagegen, wenn das Bion seine ursprüngliche niederste Existenzstufe als einfache Plastide überschreitet und sich zu einem morphologischen Individuum zweiter oder höherer Ordnung entwickelt, wird seine Ontogenie die Entwickelungsgeschichte aller der Stufen sein, welche das Bion durchläuft, von der ersten bis zur letzten. Wir werden daher in jeder individuellen Entwickelungsgeschichte sorgfältig die Ontogenie der einzelnen Individualitäten verschiedener Ordnung zu unterscheiden haben, aus welchen sich der vollendete Organismus zusammensetzt. Dieser wichtigsten und ersten Anforderung der Ontogenie ist bisher in den wenigsten Fällen genügt worden. Man hat z. B. in der Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere neuerdings zwar schärfer zwischen Entwickelung der Gewebe (Histogenese) und der Organe (Organogenese) unterschieden, dagegen die Ontogenese der Form-Individuen höherer Ordnung (Antimeren, Metameren, Personen) meist nicht besonders hervorgehoben; und doch ist diese Unterscheidung, richtig gewürdigt, von der grössten Bedeutung für das Verständniss des ganzen Körpers. Die genetische Betrachtung des letzteren, die Erkenntniss seiner Zusammensetzung aus den differenzirten Metameren etc. hat man, im Verhältniss zu der Sorgfalt, welche man auf die Ontogenese der Organe verwandt hat, gewöhnlich sehr vernachlässigt, was allerdings aus dem Grundfehler der herrschenden analytischen Methoden sich wohl erklären lässt, nur die Kenntniss des Einzelnen zu verfolgen und darüber die höhere Aufgabe der Erkenntniss des Ganzen zu vergessen.

Wenn wir diesen Fehler vermeiden wollen, so werden wir bei der individuellen Entwickelungsgeschichte jedes Organismus die Ontogenie der morphologischen Individuen aller Ordnungen, aus denen derselbe zusammengesetzt ist, gleichmässig zu berücksichtigen, und danach allgemein folgende sechs Zweige der Ontogenie, entsprechend den sechs Ordnungen der morphologischen Individualität, zu unterscheiden haben: 1) *Plastidogenie;* 2) *Organogenie;* 3) *Antimerogenie;* 4) *Metamerogenie;* 5) *Prosopogenie;* 6) *Cormogenie.* Eine allgemeine Darstellung derselben versucht das achtzehnte Capitel.

Ueber die Ausdrücke, welche wir uns hier zur kurzen und bequemen Bezeichnung der verschiedenen Zweige der individuellen Entwickelungsgeschichte einzuführen erlauben, ist noch zu bemerken, dass wir unter Genesis (γένεσις) ein für allemal nur den Vorgang der organischen Entwickelung selbst, unter Genie (γενεά) dagegen die Wissenschaft von demselben, die Entwickelungsgeschichte begreifen wollen. Ontogenesis ist also die Entwickelung der physiologischen Individuen oder Bionten, Ontogenie dagegen die Entwickelungsgeschichte derselben. Den Ausdruck Gonie (γονεία) gebrauchen wir stets nur zur Bezeichnung der Zeugung, also des Entstehungsaktes der organischen Individuen. Ontogonie ist demnach die Zeugung der Bionten.

II. Die Ontogenie und die Descendenztheorie.

„Die Entwickelungsgeschichte ist der wahre Lichtträger für Untersuchungen über organische Körper. Bei jedem Schritte findet sie ihre Anwendung, und alle Vorstellungen, welche wir von den gegenseitigen Verhältnissen der organischen Körper haben, werden den Einfluss unserer Kenntniss der Entwickelungsgeschichte erfahren. Es wäre eine fast endlose Arbeit, den Beweis für alle Zweige der Forschung führen zu wollen.“ Carl Ernst v. Bär: „Ueber Entwickelungsgeschichte der Thiere. Beobachtung und Reflexion.“ (1828, Bd. I, S. 231.)

Dieser Ausspruch des anerkannt „grössten Forschers im Gebiete der Entwickelungsgeschichte“ bezeichnet so treffend die biologische Bedeutung dieser Wissenschaft, dass wir mit keinen besseren Worten unsere Ueberzeugung von derselben ausdrücken könnten. Auch ist der unschätzbare Werth der Entwickelungsgeschichte, obgleich sie kaum mehr als ein Jahrhundert alt ist, und obgleich seit ihrer Anerkennung als selbstständige Wissenschaft kaum ein halbes Jahrhundert verflossen ist, doch jetzt von den wirklich wissenschaftlichen Zoologen und Botanikern so allgemein und tief empfunden, dass wir nicht nöthig haben, ihn besonders hervorzuheben [1]). In den letzten dreissig Jahren ist der Ruf „Entwickelung“ das maassgebende Losungswort aller wahrhaft wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Morphologie geworden, und es ist die Entwickelungsgeschichte als die erste und unentbehrlichste Grundlage aller anatomischen Erkenntnisse von den hervorragendsten Morphologen anerkannt worden. Alle wirklich bedeutenden Fortschritte der organischen Morphologie, welche nicht bloss in einer Bereicherung derselben mit neuen Thatsachen, sondern mit neuen Erkenntnissen bestehen, verdanken wir dem Verständnisse der organischen Formen, zu welchem uns allein die Entwickelungsgeschichte hinzuführen vermag.

So allgemeine Anerkennung und Anwendung aber auch die Entwickelungsgeschichte in unserem Jahrhundert in der Zoologie und Botanik erlangt hat, so haben dennoch die meisten Biologen unsrer Ansicht nach weder den weiten Umfang ihres Gebiets, noch den eigent-

---

[1]) „Die einzige Möglichkeit, zu wissenschaftlicher Einsicht in der Botanik zu gelangen, und somit das einzige und unumgängliche methodische Hülfsmittel, welches aus der Natur des Gegenstandes sich von selbst ergiebt, ist das Studium der Entwickelungsgeschichte. Alle übrigen Bemühungen haben immer nur adminiculirenden untergeordneten Werth und führen nie zu einem sicheren Abschlusse auch nur des unbedeutendsten Punktes. Nur die Entwickelungsgeschichte kann uns über die Pflanze das Verständniss eröffnen.“ Schleiden, Grundzüge der wissenschaftl. Botanik I. Bd. III. Aufl. S. 142. Vergl. auch ebendaselbst S. 146.

lichen Grund ihres hohen morphologischen Werthes richtig begriffen. Es wird dies sofort klar werden, wenn wir daran erinnern, dass man unter Entwickelungsgeschichte bisher fast immer nur diejenige der Individuen, und nicht diejenige der Stämme begriffen hat. Die Ontogenie oder Entwickelungsgeschichte der physiologischen Individuen ist aber unzertrennlich und auf das innigste verbunden mit der Phylogenie oder Entwickelungsgeschichte der genealogischen Stämme (Phylen), welche wir im sechsten Buche als die genealogischen Individualitäten dritter Ordnung näher kennen lernen werden. Freilich haben in der ganzen Biologie kaum zwei Wissenschaftszweige so weit von einander entfernt gestanden, als die Ontogenie und die Phylogenie. Wie innig dieselben überall zusammenhängen, wie wesentlich sie sich gegenseitig bedürfen und ergänzen, wie erst aus der engen Verschmelzung beider sich die eigentliche Entwickelungsgeschichte der Organismen im vollen Sinne des Wortes construiren lässt, ist bisher von den meisten Biologen entweder nicht richtig gewürdigt oder auch gänzlich übersehen worden. Wie wir selbst dieses Verhältniss auffassen, haben wir bereits im dritten Capitel kurz dargelegt, wo wir die Nothwendigkeit bewiesen haben, Ontogenie und Phylogenie als die beiden coordinirten Hauptzweige der allgemeinen organischen Entwickelungsgeschichte, der Morphogenie, zu betrachten.

Freilich kann man zu der vollen Einsicht dieses wichtigen Verhältnisses und zu der richtigen Schätzung seines ausserordentlichen Werthes nur durch die Descendenztheorie gelangen, welche uns allein den Schlüssel des Verständnisses für die wundervollen Erscheinungen der Entwickelungsgeschichte liefert und welche uns zeigt, dass die Ontogenie weiter nichts ist als eine kurze Recapitulation der Phylogenie. Hierin gerade liegt die unermessliche Bedeutung der Abstammungslehre und hierin liegt die Quelle des ausserordentlichen Verdienstes, welches sich Darwin durch die Reformation und die causale Begründung der Descendenztheorie erworben hat. Die Abstammungslehre allein vermag uns die Entwickelungsgeschichte der Organismen zu erklären. Der Grundgedanke dieser Theorie, den zuerst Lamarck klar ausgeführt hat, dass alle organischen Species, auch die höchsten und vollkommensten, die divergent entwickelten und umgebildeten Nachkommen einiger wenigen einfachsten autogonen Stammformen oder Urarten sind, dieser Grundgedanke allein vermag eine Erklärung der organischen Entwickelungserscheinungen zu geben. Dieser erhabene Grundgedanke ist es, von dem Goethe mit Recht sagt:

„Freue dich, höchstes Geschöpf der Natur, du fühlest dich fähig,
Ihr den höchsten Gedanken, zu dem sie schaffend sich aufschwang,
Nachzudenken!“

Genau hundert Jahre waren verflossen, seitdem der grosse Wolff durch seine Theoria generationis 1759 den Grundstein zu dem stolzen Baue der Entwickelungsgeschichte gelegt hatte. Charles Darwin war es vorbehalten, 1859 das erhabene Gerüst dieses Baues durch die Theorie der natürlichen Züchtung zu krönen, und durch die Entwickelungsgeschichte der Arten diejenige der Individuen zu erläutern. Genau ein Jahrhundert hat die Entwickelungsgeschichte der Individuen als eine Wissenschaft der ontogenetischen Thatsachen bestanden, bis sie durch die Reformation der Abstammungslehre eine Wissenschaft der ontogenetischen Ursachen wurde. Und welch' seltsame Parallele der Entwickelung zwischen beiden Entwickelungstheorieen! Die Theorie der Epigenesis, welche durch Wolff's bahnbrechende Arbeiten die Grundlage der ganzen Ontogenie wurde, musste im ersten halben Jahrhundert ihrer Existenz ein latentes Leben, gleichsam in embryonaler Abgeschiedenheit, führen, ehe sie 1806 durch Oken's Entwickelungsgeschichte des Darmcanals neu belebt und 1812 durch Meckel's Uebersetzung der Wolff'schen Arbeiten in das öffentliche Leben der Wissenschaft hinausgeführt wurde. Ebenso musste die Theorie der Transmutation oder Descendenz, welche, obwohl von Goethe schon früher ausgesprochen, doch erst durch Lamarck's Philosophie zoologique 1809 begründet und zur Basis der Phylogenie erhoben wurde, im ersten halben Jahrhundert ihrer Existenz in einem latenten Leben, in embryonaler Verborgenheit, verharren, ehe sie 1859 durch Darwin neu belebt und zum lebendigen Gemeingute der biologischen Wissenschaft wurde.

Wir sind gewiss weit entfernt davon, die ausserordentlichen Verdienste der vielen trefflichen Forscher zu unterschätzen, welche in unserem Jahrhundert durch eine Reihe der vorzüglichsten Arbeiten die Ontogenie zu einer biologischen Wissenschaft ersten Ranges erhoben haben; Arbeiten, die eben so durch sorgfältige Untersuchung der Thatsachen, wie durch das gedankenvolle Streben nach einer harmonischen Verknüpfung derselben sich auszeichnen. Aber das müssen wir doch sagen, dass alle diese Arbeiten vergeblich nach der Erreichung ihres hohen Zieles hinstrebten und dasselbe unmöglich ganz erreichen konnten, insofern nicht der Grundgedanke der Descendenztheorie sie leitete. Zwar ist die auffallende Parallele zwischen der ontogenetischen (embryonalen) und der phylogenetischen (paläontologischen) Entwickelung schon seit langer Zeit von den hervorragendsten Genealogen anerkannt worden, und merkwürdiger Weise gerade am meisten von demjenigen, der der eifrigste Gegner der Descendenztheorie zu sein scheint, von Agassiz. Indessen konnte diese Parallele doch erst ihre richtige Würdigung finden und die wahre Bedeutung der Phylogenie (Paläontologie) für die Ontogenie (Embryologie) doch erst anerkannt werden, seit-

dem die Abstammungslehre den Causalzusammenhang derselben enthüllt hat.

Indem die Descendenztheorie die beiden Zweige der allgemeinen Entwickelungsgeschichte oder Morphogenie, diejenige der Individuen (Ontogenie) und diejenige der Stämme (Phylogenie), unmittelbar verknüpft, indem sie den innigsten causalen Zusammenhang zwischen diesen beiden scheinbar weit entfernten Wissenschaften nachweist, vermag sie uns allein zu erklären, warum sich die Organismen überhaupt entwickeln, und warum sie sich gerade so entwickeln, wie es uns die parallel laufenden Thatsachen der Embryologie und Paläontologie vor Augen legen. Wenn daher im Allgemeinen schon jeder Zweig der biologischen Wissenschaft, welcher ein wirkliches Verständniss der Thatsachen, d. h. eine causale Erklärung derselben anstrebt, die Abstammungslehre durchaus nicht entbehren kann, so gilt dies in ganz besonderem Maasse von der gesammten Entwickelungsgeschichte, der Morphogenie, und von ihren beiden coordinirten Zweigen, der Ontogenie und der Phylogenie. Wie wir den Gedanken der Abstammung aller organischen Species von wenigen einfachsten Grundformen als die unentbehrliche Grundlage der gesammten Biologie ansehen müssen, wie schon Goethe ihn als den höchsten Gedanken der Naturwissenschaft, und insbesondere der organischen Morphologie bezeichnete, so verdient er diese Würde gewiss ganz besonders als das causale Fundament der gesammten Entwickelungsgeschichte; derjenigen Wissenschaft, welche selbst wieder alle biologischen Disciplinen erklärend verbindet. Keine Gruppe von Naturerscheinungen ist bisher so sehr von dem allein richtigen, d. h. dem monistischen Verständniss ausgeschlossen geblieben, keine hat sich so sehr der mechanisch-causalen Erklärung entzogen, als die organische Morphologie und ganz besonders die Entwickelungsgeschichte, welche deren allgemeine Grundlage bildet. Nun wird uns dieses monistische Verständniss aber in der That von der Descendenztheorie geliefert, welche uns in den physiologischen Functionen der Vererbung (die mit der Fortpflanzung zusammenhängt) und der Anpassung (die in der Ernährung begründet ist) die mechanisch wirkenden Ursachen der Morphogenesis nachweist, und dadurch die gesammte Morphologie der Organismen monistisch erklärt. Wir glauben daher, den unschätzbaren Werth der Descendenztheorie, deren Grundzüge wir im neunzehnten Capitel erläutern werden, nicht besser aussprechen zu können, als mit den Worten: Die Descendenztheorie ist die wissenschaftliche Begründung der gesammten Entwickelungsgeschichte durch das allgemeine Causalgesetz.

Gewiss bleibt Bär's wichtiges Wort vollkommen richtig: „Die Entwickelungsgeschichte ist der wahre Lichtträger für Untersuchungen über

organische Körper." Aber eben so wichtig und eben so richtig ist nach unserer Ansicht der allgemein maassgebende, fundamentale Satz: „Die Abstammungslehre ist der wahre Lichtträger für die gesammte Entwickelungsgeschichte."

III. Typus und Grad der individuellen Entwickelung.

Der unschätzbare Werth, den die Descendenztheorie als das causal erklärende Fundament der Entwickelungsgeschichte besitzt, zeigt sich nirgends vielleicht schlagender, als in den allgemeinsten Gesetzen, zu welchen sich die letztere erhoben hat. Als das oberste dieser allgemeinen Gesetze, welches aus der verglichenen Summe aller ontogenetischen Thatsachen hervorgeht, gilt mit Recht die von Bär[1]) festgestellte Theorie, dass die individuelle Entwickelung jedes Organismus von zwei verschiedenen und gewissermaassen entgegengesetzten Momenten geleitet werde, dem Typus der Organisation und dem Grade der Ausbildung. Bär formulirt dieses Gesetz in folgenden Worten:

„Die Entwickelung eines Individuums einer bestimmten Thierform wird von zwei Verhältnissen bestimmt: 1) von einer fortgehenden Ausbildung des thierischen Körpers durch wachsende histologische und morphologische Sonderung; 2) zugleich durch Fortbildung aus einer allgemeineren Form des Typus in eine mehr besondere. — Der Grad der Ausbildung des thierischen Körpers besteht in einem grösseren oder geringeren Maasse der Heterogenität der Elementartheile und der einzelnen Abschnitte eines zusammengesetzten Apparats, mit einem Worte, in der grösseren histologischen und morphologischen Sonderung (Differenzirung). Je gleichmässiger die ganze Masse des Leibes ist, desto geringer die Stufe der Ausbildung. Je verschiedener sie ist, desto entwickelter das thierische Leben in seinen verschiedenen Richtungen. — Der Typus dagegen ist das Lagerungsverhältniss der organischen Elemente und der Organe. Dieses Lagerungsverhältniss ist der Ausdruck von gewissen Grundverhältnissen in der Richtung der einzelnen Beziehungen des Lebens. Der Typus ist von der Stufe der Ausbildung durchaus verschieden, so dass derselbe Typus in mehreren Stufen der Ausbildung bestehen kann, und umgekehrt, dieselbe Stufe der Ausbildung in mehreren Typen erreicht wird. Das Product aus der Stufe der Ausbildung mit dem Typus giebt erst die einzelnen grösseren Gruppen von Thieren, die man Klassen genannt hat."

In diesen beiden entgegenwirkenden Principien, dem Typus der Bildung und dem Grade der Ausbildung, hatte Bär vollkommen richtig

[1]) Carl Ernst v. Bär, über Entwickelungsgeschichte der Thiere. Königsberg 1828. Bd. I, S. 207, 208, 231.

die beiden einzigen Factoren der organischen Formbildung erkannt und das allgemeinste Resultat aus seinen classischen embryologischen Untersuchungen gezogen. Worin bestehen nun aber die weiteren Ursachen, welche sowohl diesen als jenen, einerseits den Typus als das Lagerungsverhältniss der Theile, andererseits den Grad der histologischen und morphologischen Differenzirung bestimmen? Die Antwort auf diese tiefer gehende Frage hat man durch die mannichfaltigsten Phrasen zu geben versucht, die aber in der That nichts weiter, als leere Umschreibungen des Bär'schen Gesetzes sind. Insbesondere hat man den Typus der Bildung als einen „verkörperten Grundgedanken des Schöpfers" bezeichnet, als den Ausfluss eines prädestinirten „Planes der Entwickelung", eines „typischen Bildungsplanes". Eben so hat man andererseits den Grad der Ausbildung angesehen als die Folge eines „allgemeinen Entwickelungsgesetzes", eines „Gesetzes der fortschreitenden Entwickelung", eines „Planes der typischen Vervollkommnung". Alle diese Ausdrücke sind entweder nur mehr oder weniger dunkle Umschreibungen der beiden von Bär aufgestellten Gesetze, oder nichtssagende, leere Phrasen, die theils wegen ihres offenbaren Anthropomorphismus, theils wegen ihrer teleologischen oder vitalistischen Basis keinen Anspruch auf wissenschaftliche Erörterung machen können.

Wie anders erklären sich uns jene Räthsel, wenn wir die Descendenztheorie befragen, welche dieselben allein zu lösen vermag! Sie erklärt die gesammte organische Formbildung und Entwickelung aus der beständigen Wechselwirkung zweier entgegengesetzter physiologischer Functionen, der Vererbung, welche eine Theilerscheinung der Fortpflanzung, und der Anpassung, welche eine Theilerscheinung der Ernährung ist. Beide sind reine physiologische Functionen, welche als solche auf rein mechanisch-causaler Basis beruhen und lediglich durch physikalische und chemische Ursachen bewirkt werden.

Nun ist es klar, dass Bär's Typus der Entwickelung weiter nichts ist, als die Folge der Vererbung und Bär's Grad der Ausbildung weiter nichts als die Folge der Anpassung. Jener lässt sich also auf die Fortpflanzung, dieser auf die Ernährung als auf seinen physiologischen Grund zurückführen. Offenbar thun wir aber durch diese Zurückführung einen ausserordentlich bedeutenden Schritt. Denn es werden dadurch die beiden morphologischen Grundgesetze, und somit überhaupt alle Erscheinungen der organischen Entwickelung aus physiologischen Fundamenten erklärt, welche ihrerseits lediglich auf mechanisch wirkenden Ursachen, auf chemischen und physikalischen Processen beruhen.

Während also die beiden Grunderscheinungen der organischen Entwickelung, Bildungstypus und Ausbildungsgrad, welche Bär richtig als die beiden formbildenden Kräfte der gesammten Organismenwelt aus

rein morphologischen Inductionen erkannte, ohne die Abstammungslehre für uns zwei unverstandene Räthsel bleiben, welche weder durch die anthropomorphe Vorstellung eines vorbedachten „Schöpfungsplans oder Entwickelungsplans", noch durch die leere Phrase eines „allgemeinen Entwickelungsgesetzes oder Bildungsgesetzes" dem tieferen wissenschaftlichen Verständniss, d. h. der monistischen, causalen Erkenntniss näher gerückt werden, so werden uns durch die Descendenztheorie diese beiden Räthsel im monistischen Sinne gelöst: wir erkennen in dem Bildungstypus die Wirkung des inneren Bildungstriebes der Vererbung, in dem Ausbildungsgrad die Wirkung des äusseren Bildungstriebes der Anpassung, jene eine Theilerscheinung der Fortpflanzung, diese der Ernährung. Diese beiden aber beruhen anerkanntermaassen auf denselben physikalischen und chemischen Processen, welche die gesammte organische und anorganische Natur einheitlich beherrschen. So gelangen wir denn an das höchste Ziel, welches Bär der Entwickelungsgeschichte gesteckt hat, die Zurückführung der bildenden Kräfte des organisirten Körpers auf die allgemeinen Kräfte des Weltganzen!

IV. Evolution und Epigenesis.

Unter Entwickelungsgeschichte (Evolutionis historia) der organischen Individuen versteht man heutzutage allgemein einen organischen Bildungsprocess, der gerade das Gegentheil von dem ist, was man bis zu Ende des vorigen Jahrhunderts fast ohne Ausnahme unter diesem Ausdruck verstand. Bis zu dieser Zeit nämlich war die allgemein herrschende Vorstellung von der Entstehung der Organismen durch Zeugung die Einschachtelungstheorie, wonach die organischen Individuen bereits vollständig in der keimfähigen Substanz des Eies präformirt enthalten sein sollten. Gleichsam schlafend oder in einem Zustande latenten Lebens sollte das physiologische Individuum, morphologisch vollkommen ausgebildet, in dem Eie enthalten sein. Der Befruchtungsprocess sollte den schlafenden Embryo nur erwecken, sein latentes potentielles Leben zur Action veranlassen; und die ganze embryonale Entwickelung sollte demgemäss in einer wirklichen Evolution, d. h. einer blossen Entfaltung und Vergrösserung eines bereits fertig vorgebildeten Organismus bestehen. Hiernach wäre der Embryo nicht das Product, sondern das Educt des befruchteten Eies, welches durch den Zeugungsakt nicht wirklich erzeugt, sondern bloss „ausgewickelt", zur Evolutionsbewegung veranlasst würde. Diese seit langer Zeit herrschende Ansicht wurde im vorigen Jahrhundert insbesondere von Bonnet, Leibnitz und Haller unterstützt, welcher letztere sich folgerichtig zu dem Satze verstieg, dass eine eigentliche Zeugung über-

haupt nicht existire: *„nil noviter generari“*. Schon im Alterthume war eine ähnliche Ansicht von Diogenes und Hippon und von den Stoikern vorgetragen worden, welche behaupteten, dass in dem männlichen Sperma bereits der ausgebildete Organismus vorhanden sei, welcher durch den Begattungsakt nur auf einen zu seiner Entwickelung, d. h. Vergrösserung tauglichen Ernährungsboden, das Ei, versetzt werde. Durch die Entdeckung der beweglichen fadenförmigen Zoospermien von Leeuwenhoek schien diese Ansicht eine neue Begründung zu erhalten, indem man nun in dem einzelnen „Samenthier“ den involvirten, bloss des Wachsthums bedürftigen Zustand des ausgebildeten Thieres zu finden glaubte. So entstanden die besonders in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts sehr allgemein herrschenden Streitigkeiten der Animalculisten und Ovisten, von denen jene behaupteten, dass das präformirte Individuum bereits im Samenthiere, diese, dass es im Eie enthalten sei.

Diese falsche Ansicht von der Präformation des Individuums in den Geschlechtsproducten (entweder im Samen oder im Eie) bezeichnet man allgemein als die Theorie der Evolution, weil der Entwickelungsprocess lediglich in einer „Auswickelung“ des eingewickelten präformirten Embryo bestehen sollte. Sie fand lange allgemeinen Beifall, trotz der Absurdität der Consequenzen, zu denen dieselbe dadurch führt, dass sie die Einschachtelung aller Generationen einer Species in einander fordert; und trotzdem eigentlich schon Senebier dadurch, dass er diese Consequenzen mit Klarheit zog, den apagogischen Beweis für ihre Unrichtigkeit lieferte. Da die Evolutionstheorie im Grunde sowohl die Zeugung, als die Entwickelung selbst verneinte, so konnte es auch unter ihrer Herrschaft keine eigentliche Entwickelungsgeschichte geben, und wir können daher deren Existenz erst von dem Zeitpunkte an datiren, in welchem die entgegengesetzte Theorie der Epigenesis mit Bestimmtheit formulirt und durch die empirische Beobachtung als die allein richtige Entwickelungstheorie nachgewiesen wurde. Dies geschah im Jahre 1759 durch die Inauguraldissertation von Caspar Friedrich Wolff: Theoria generationis, in welcher zum ersten Male der wirkliche Nachweis einer epigenetischen Entwickelung und einer Differenzirung des zusammengesetzten und verwickelt gebauten Organismus aus einer ganz einfachen Grundlage gegeben wurde. Er verfolgte die Epigenese des Hühnchens von seinen ersten Anfängen an und wies bereits nach, dass selbst ein so verwickeltes Gebilde, wie es der Wirbelthierdarm ist, aus einer ganz einfachen, blattförmigen, primitiven Anlage durch Differenzirung und Umbildung entstehe. Wolff legte aber nicht allein den Grund zu der epigenetischen Entwickelungsgeschichte der Thiere, sondern auch der Pflanzen. Er wies nach, dass ebenso wie bei den Wirbelthieren die complicirtesten Organe aus ganz

einfachen, blattförmigen Anlagen („Keimblättern") sich entwickeln, eben so auch bei den Pflanzen alle verschiedenen Organe und Theile, mit Ausnahme des Stengels, sich aus der gemeinsamen Grundlage der einfachen Blattform hervorbilden. So sprach er bereits den Grundgedanken aus, welchen nachher Goethe so geistvoll in seiner berühmten Lehre von der „Metamorphose der Pflanzen" entwickelte, und welcher die Grundlage der ganzen Entwickelungsgeschichte der Pflanzen geworden ist. Indessen wurden Wolff's epochemachende Entdeckungen, welche wir geradezu als den Zeugungsakt der wahrhaft wissenschaftlichen, d. h. epigenetischen Entwickelungsgeschichte bezeichnen müssen, ein halbes Jahrhundert hindurch fast gar nicht anerkannt und sie waren selbst Lorenz Oken unbekannt, als er 1806 seine vortreffliche Arbeit über die Bildung des Darmcanals veröffentlichte. Erst nachdem sie 1812 durch Meckel's Uebersetzung bekannt geworden waren, begann ein neues Stadium in der Entwickelung der Ontogenie mit den classischen Arbeiten von Christian Pander (1817) und Carl Ernst v. Bär. Des letzteren „Entwickelungsgeschichte der Thiere, Beobachtung und Reflexion" (1828), das bedeutendste Werk in der gesammten ontogenetischen Literatur, haben wir bereits wiederholt als ein Muster echter Naturphilosophie im besten Sinne des Wortes hervorgehoben. Insbesondere die Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere wurde durch Bär so weit gefördert, dass selbst der bedeutendste seiner Nachfolger, Remak (1850), nur das Verdienst hat, Bär's Ansichten im Einzelnen ausgebildet und verbessert und durch die Entwickelungsgeschichte der Gewebe (Histogenie) wesentlich ergänzt zu haben. Wie nun die Entwickelungsgeschichte der Wirbelthiere als die Grundlage der wissenschaftlichen, d. h. epigenetischen Ontogenie, allein von Deutschen begründet und fast allein von Deutschen entwickelt wurde, so waren es auch Deutsche, welche in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts die epigenetische Entwickelungsgeschichte im Gebiete der wirbellosen Thiere und der Pflanzen begründeten. Wir nennen hier von zahlreichen trefflichen Werken über die Entwickelungsgeschichte der wirbellosen Thiere nur die von Rathke (Crustaceen, Insecten etc.) und Johannes Müller (Echinodermen, Würmer etc.), und von botanischen epochemachenden Arbeiten die Metamorphose der Pflanzen von Goethe und die vorzüglichen Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik von Schleiden, in welchen letzteren die Entwickelungsgeschichte als das allein maassgebende Fundament auch auf dem botanischen Gebiete mit der gebührenden Consequenz und der philosophischen Schärfe hervorgehoben ist, die Schleiden vor so vielen anderen Biologen auszeichnet. So können wir Deutschen denn mit gerechtem Stolze die epigenetische Ontogenie oder die Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen, die Wis-
, welche das Fundament der ganzen Biologie bildet, als eine

Wissenschaft bezeichnen, welche in Deutschland geboren und von Deutschen entwickelt ist, und welche fast ausschliesslich in Deutschland das erste Jahrhundert ihrer Existenz durchlebt hat.

Alle diese ontogenetischen Werke haben übereinstimmend die Theorie der Epigenesis als den allein wirklichen Grundgedanken der Ontogenie festgestellt und wir können daher von einer „Entwickelung" als Evolution nur noch in einem Sinne sprechen, welcher seinem ursprünglichen geradezu entgegengesetzt ist. Alle Evolution, alle Entwickelung der organischen Individuen ist in Wahrheit Epigenesis, d. h. eine Lebensthätigkeit, welche wesentlich auf Vorgängen der Zeugung, des Wachsthums und der Differenzirung beruht, auf einer Umbildung gleichartiger Theile zu ungleichartigen, und einer wirklichen Entstehung neuer Individuen aus nicht individualisirten Materien. Bei denjenigen Organismen, welche zeitlebens auf der niedrigsten Stufe eines morphologischen Individuums erster Ordnung stehen bleiben, ist die Ontogenie des physiologischen Individuums nur eine Geschichte seiner Entstehung durch Zeugung, seines Wachsthums und seiner Differenzirung. Bei der grossen Mehrzahl der Organismen aber, welche die höhere Stufe eines morphologischen Individuums zweiter und höherer Ordnung erreichen, durchläuft das physiologische Individuum (Bion) die vorausgehenden niederen Stufen, indem durch bleibende Vereinigung, durch Synusie von Individuen niederer Ordnung, Individuencolonieen entstehen, welche als physiologische Einheiten sich selbstständig differenziren und umbilden. In allen diesen Vorgängen, wie verschiedenartig sie sich auch als Hinaufbildung, Umbildung und Rückbildung, als progressive und regressive Metamorphose äussern mögen, bleibt das leitende Grundgesetz die Theorie der Epigenesis.

V. Entwickelung und Zeugung.

Die eigenthümliche Stellung, welche die Entwickelungsgeschichte zwischen der Morphologie und Physiologie einnimmt, haben wir bereits im sechsten Abschnitt des dritten Capitels (Bd. I, S. 50) eingehend erörtert. Wir haben dort gesehen, dass die Entwickelungsgeschichte einerseits zur Physiologie oder Biodynamik gerechnet werden kann, insofern sie die Reihe von Formveränderungen, d. h. Bewegungserscheinungen untersucht, welche die organischen Formen während ihrer individuellen Existenz durchlaufen. Andererseits waren wir genöthigt dieselbe für die Morphologie oder Biostatik in Anspruch zu nehmen, insofern diese als blosse Anatomie, ohne die Entwickelungsgeschichte, keiner wahren wissenschaftlichen Existenz fähig ist. Da die Kenntniss der werdenden Form des Organismus uns allein zum Verständniss der gewordenen oder vollendeten Form desselben hinüberzuleiten

vermag, mussten wir Anatomie und Morphogenie als die beiden coordinirten Hauptzweige der organischen Morphologie betrachten, und wir konnten dies mit um so grösserem Rechte, als die Entwickelungsgeschichte der Organismen bisher fast ausschliesslich Gegenstand anatomischer und nicht physiologischer Forschungen war, und demgemäss auf ihrer gegenwärtigen niederen Entwickelungsstufe wesentlich eine statische und nicht eine dynamische Disciplin darstellt. Denn in Wahrheit ist fast Alles, was wir in der Zoologie, Protistik und Botanik Entwickelungsgeschichte nennen, bisher wesentlich eine Kenntniss der morphogenetischen Thatsachen, nicht aber eine Erkenntniss ihrer physikalisch-chemischen Ursachen gewesen. Wenn wir zu letzterer gelangen wollen, und wenn wir also die Morphogenie wirklich causal begründen wollen, so müssen wir nothwendig auch an die Physiologie der Entwickelung uns wenden.

Nun haben wir keineswegs die Absicht, in den folgenden Blättern eine allgemeine Beschreibung der bekannten organischen Entwickelungserscheinungen zu geben; vielmehr verfolgen wir das höhere Ziel einer allgemeinen Erklärung derselben. Wir wollen den schwierigen und bisher noch nicht unternommenen Versuch einer solchen mechanisch-causalen Erklärung der morphogenetischen Erscheinungsreihen wenigstens anbahnen, und zwar auf Grund derjenigen Theorie, welche allein diese Erklärung zu liefern vermag, der Descendenztheorie. Insofern nun aber diese Theorie eine physiologische Erklärung der morphologischen Erscheinungen giebt, werden wir uns nicht auf den morphologischen Theil der Entwickelungsgeschichte beschränken können, sondern auch ihren physiologischen Theil berücksichtigen müssen (vergl. Bd. I, S. 52). Es ist die Physiologie der Zeugung oder Generation, deren Grundgesetze wir in ihren allgemeinsten Zügen verstehen müssen, um zu einem wirklichen monistischen Verständniss der Entwickelungsgeschichte zu gelangen.

Die Physiologie der Zeugung oder Fortpflanzung hängt, wie wir oben gezeigt haben, auf das engste zusammen mit der Physiologie der Ernährung und des Wachsthums (Bd. I, S. 150, 238). „Das Wachsthum ist Ernährung mit Bildung neuer Körpermasse — in der That eine fortgesetzte Zeugung, und die Zeugung ist nichts als der Anfang eines individuellen Wachsthums.“ (Bär l. c. Bd. II, S. 4.) Die Fortpflanzung ist eine Ernährung und ein Wachsthum des Organismus über das individuelle Maass hinaus, welche einen Theil desselben zum Ganzen erhebt. Alle Organismen haben eine beschränkte Zeitdauer ihrer individuellen Existenz als Bionten, und die Arten der Organismen würden einem beständigen Wechsel durch Aussterben der bestehenden Arten unterliegen, wenn nicht die Fortpflanzung dieser Gefahr entgegenwirkte. Daher ist die Fortpflan-

zung ebenso als die Selbsterhaltung der Art bezeichnet, wie die Ernährung als die Selbsterhaltung der Individuen. Wie aber die Ernährung nur durch den Stoffwechsel möglich ist, so beruht die Arterhaltung auf dem Individuen-Wechsel. Wie bei der Ernährung beständig die materiellen Bestandtheile des Organismus, welche durch die Lebensthätigkeit verbraucht wurden, durch andere, neue, gleichartige Theile ersetzt werden, so werden bei der Fortpflanzung beständig die aussterbenden Individuen (Bionten) durch neue Individuen ersetzt.

Die durch Fortpflanzung entstehenden neuen Individuen, die kindlichen Organismen (Partus) sind also allgemein Theile von bestehenden Individuen, von elterlichen Organismen (Parens). Diese Theile haben sich in Folge des übermässigen totalen oder partiellen Wachsthums von dem Ganzen abgelöst und wachsen nun selbst wieder zur Grösse und Form des Ganzen heran, indem sie sich ergänzen oder reproduciren. Für diesen Vorgang als Wachsthumserscheinung sind insbesondere die Ergänzungs- oder Reproductionserscheinungen sehr lehrreich, welche wir sehr allgemein bei niederen, aber auch bei höheren Organismen eintreten sehen, wenn einzelne Theile durch traumatische oder sonstige äussere Einflüsse verloren gegangen sind. Bei hochorganisirten Wirbelthieren, z. B. den Amphibien, und Gliederthieren, z. B. den Crustaceen, sehen wir, dass selbst ganze verlorene Extremitäten mit Skelet, Muskeln, Nerven etc. vollständig wieder erzeugt, reproducirt werden. Bei niederen Thieren kann durch künstliche Theilung das Individuum vervielfältigt werden, indem jedes der künstlich getrennten Theilstücke sich alsbald wieder zu einem vollständigen Individuum ergänzt. Diese wichtigen Wachsthumserscheinungen werfen das bedeutendste Licht auf die Fortpflanzungsvorgänge, welche uns in ihren höchsten Formen als ein ganz eigenthümlicher und schwer begreifbarer Lebensprocess erscheinen, während doch die niedersten Formen sich unmittelbar an jene Wachsthums- und Reproductionsprocesse anschliessen. Bei der natürlichen Selbsttheilung, als der einfachsten Fortpflanzungsform, spaltet sich das Individuum spontan in zwei Hälften, deren jede sich alsbald wieder durch Wachsthum zu einem vollständigen Individuum, einem actuellen Bion reproducirt. Jede Hälfte fungirt hier ebenso als virtuelles oder potentielles Bion, wie bei der Fortpflanzung durch Eier oder Keimzellen (Sporen) die einzelne, vom elterlichen Organismus abgesonderte Plastide.

Die weitere Betrachtung der verschiedenen Fortpflanzungsformen bleibt dem siebzehnten Capitel vorbehalten. Hier wollten wir als Grundlage für die Betrachtung der gesammten Ontogenie den wichtigen Satz feststellen, dass die Fortpflanzung und die unmittelbar damit zusammenhängende Entwickelung physiologische Functionen sind, welche in den materiellen Wachsthumsgesetzen begründet sind.

VI. Aufbildung, Umbildung, Rückbildung.

Wenn wir oben als die Aufgabe der Ontogenie die Erkenntniss der Formenreihe hingestellt haben, welche jeder individuelle Organismus während der gesammten Zeit seiner individuellen Existenz durchläuft, so haben wir damit der Entwickelungsgeschichte ein weiteres Ziel gesteckt und einen grösseren Umfang vindicirt, als ihr fast allgemein zugestanden wird. Man pflegt fast immer unter Entwickelung nur diejenigen Formveränderungen zu begreifen, welche das Individuum von dem Momente seines Entstehens an bis zur erlangten Reife durchläuft, und diese Auffassung findet ihre Berechtigung sowohl in der ursprünglichen Bedeutung des Wortes „Entwickelung“ (Evolutio), als in dem allgemeinen Sprachgebrauche desselben. Der letztere versteht unter Entwickelung allgemein eine fortschreitende, aufsteigende Reihe von organischen Formveränderungen, welche wesentlich in einer Zunahme der Grösse und Vollkommenheit des organischen Individuums besteht, also in Wachsthum und Differenzirung. Dagegen versteht man unter Entwickelung gewöhnlich, oder doch bei den meisten Organismen, nicht die rückschreitende Reihe von Formveränderungen, welche sehr oft auf die fortschreitende folgt, und welche in einer gewissen Abnahme der Vollkommenheit und oft auch der Grösse des organischen Individuums besteht. Im Gegentheil pflegt man ziemlich allgemein diese regressive Veränderung der individuellen Form jener progressiven scharf entgegenzustellen und „Rückbildung“ als das Gegentheil der „Entwickelung“ zu betrachten.

Dennoch werden wir, sobald wir uns auf den höheren Standpunkt erheben, von dem wir alle verschiedenen Formen der individuellen organischen Entwickelung mit einem Blicke vergleichend überschauen, nicht umhin können, diesen Gegensatz von Rückbildung und Entwickelung nur als einen untergeordneten und theilweisen anzusehen, und den Begriff der Entwickelung auf die gesammte Reihe aller Formveränderungen auszudehnen, welche das Individuum während der ganzen Zeit seiner Existenz, von seiner Entstehung durch Zeugung bis zu seiner Vernichtung durch Tod oder Selbsttheilung durchläuft. Denn abgesehen davon, dass sehr vielen organischen Individuen die regressive Veränderung der Rückbildung ganz fehlt, finden wir dieselbe bei den anderen meistens so eng mit der fortschreitenden Entwickelung verbunden, beide greifen so vielfach und innig in einander über, dass es gewöhnlich ganz unmöglich ist, die Grenze zwischen beiden irgendwie zu fixiren. Einzelne Körpertheile können schon einer weit gegangenen Rückbildung unterlegen sein, während andere noch in steter Entwickelung begriffen sind. Auch pflegt der Rückbildungsprocess so langsam und allmählich einzutreten, oft sich auf einen so geringen Grad

der rückschreitenden Veränderung zu beschränken, dass selbst das Wesen desselben ausserordentlich schwer zu erfassen und zu bestimmen ist.

Andere Naturforscher haben die Grenze der eigentlichen Entwickelung in der „Reife" des Organismus finden wollen und danach die Entwickelungsgeschichte als die Lehre von den Formveränderungen bezeichnet, welche der Organismus von Beginn seiner individuellen Existenz an bis zur erlangten Reife durchläuft. Der Begriff der Reife kann aber eben so wenig als der Begriff der Rückbildung scharf bestimmt werden. Allgemein hat man wohl die Beendigung des Wachsthums (der Grössenzunahme) als den Beginn der Reife bezeichnet. Das Individuum ist reif, wenn es „ausgewachsen" ist. Die Fortdauer der Wachsthumsbewegung führt dann nicht mehr zur Vergrösserung des Individuums, sondern zur Fortpflanzung, zur Zeugung neuer Individuen. Es würde dann also der Beginn der Reife mit dem Beginn der Fortpflanzungsfähigkeit zusammenfallen. Daher hat man bei denjenigen Individuen, welche sich geschlechtlich differenziren, den Eintritt der Reife durch die vollständige Ausbildung der Geschlechtsproducte zu bestimmen gesucht. Der Organismus gilt hier für reif von dem Zeitpunkte an, in welchem er der sexuellen Fortpflanzung fähig wird. Allein diese Bestimmung ist schon deshalb nicht durchführbar, weil sehr viele organische Individuen sich bereits fortpflanzen, ehe sie ihre volle Grösse und Reife erreicht haben (z. B. viele Hydromedusen). Das Wachsthum dauert hier oft noch lange fort, nachdem bereits ungeschlechtliche und selbst geschlechtliche Zeugungsfähigkeit eingetreten ist. Andererseits werden viele Organismen erst geschlechtsreif, nachdem schon lange der entschiedenste Rückbildungsprocess eingetreten ist, z. B. viele Parasiten (besonders auffallend parasitische Crustaceen). Hier fällt also die Geschlechtsreife eben so *hinter* die eigentliche individuelle Reife, sofern man darunter die Höhe der individuellen Vollkommenheit nach Abschluss des Wachsthums versteht, wie im ersteren Falle die Geschlechtsreife *vor* diese eigentliche Reife fällt. Endlich werden auch viele Organismen vollständig reif, ohne jemals fähig zu werden, sich auf irgend eine Weise, geschlechtlich oder ungeschlechtlich, fortzupflanzen.

Schon aus diesen Erwägungen, welche leicht noch beträchtlich verstärkt und vermehrt werden könnten, geht hervor, dass es eben so unmöglich ist, irgend eine scharfe Grenze zwischen Entwickelung und Reife, wie zwischen Entwickelung und Rückbildung, wie zwischen Reife und Rückbildung zu unterscheiden. Wir werden vielmehr genöthigt, diese drei verschiedenen Bewegungserscheinungen der organischen Formen, welche nur in ihren Extremen deutlich getrennt erscheinen, dagegen in ihren weniger ausgeprägten Erscheinungsweisen nicht von einander zu trennen sind, und thatsächlich auf das vielfältigste in einander grei-

fen und innigst verbunden sind, als Modificationen und untergeordnete Abstufungen einer und derselben grossen Erscheinungsreihe, einer und derselben continuirlich zusammenhängenden und geschlossenen Kette der individuellen Entwickelung zu betrachten.

Wir verstehen demnach unter morphologischer Entwickelung des Individuums, wie wir nochmals ausdrücklich hervorheben, die continuirlich zusammenhängende zeitliche Kette von Formveränderungen, welche das organische Individuum während der gesammten Zeit seines individuellen Lebens, vom Beginn seiner Existenz an bis zum Abschluss derselben, durchläuft.

Immerhin wird es in vielen Fällen von Vortheil sein, die verschiedenen Stadien der individuellen Entwickelung, welche wir so eben als „eigentliche Entwickelung", Reife und Rückbildung unterschieden haben, als drei untergeordnete Abschnitte des individuellen Entwickelungskreises künstlich zu trennen und die Vorgänge, welche dieselben kennzeichnen, gesondert zu betrachten. In diesen Fällen schlagen wir vor, die drei Stadien der Entwickelung, welche wir im siebzehnten Capitel allgemein zu charakterisiren versuchen werden, bestimmter mit folgenden Benennungen zu bezeichnen.

I. Anaplasis oder Aufbildung (Evolution). Erstes Stadium der individuellen Entwickelungskette. Sogenannte „eigentliche Entwickelung" oder Entwickelung im engeren Sinne.

II. Metaplasis oder Umbildung (Transvolution). Zweites Stadium der individuellen Entwickelungskette. Sogenannte „Reife" oder Vollendungszustand des Individuums.

III. Cataplasis oder Rückbildung (Involution). Drittes Stadium der individuellen Entwickelungskette. Decrescenz. Senilität.

VII. Embryologie und Metamorphologie.

Die Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen, welche wir Ontogenie nennen, wird gewöhnlich als Embryologie bezeichnet. Indessen ist dieser Ausdruck nicht hierfür passend und nicht allgemein anwendbar. Die eigentliche Embryologie ist nur ein Theil der Ontogenie und bei sehr vielen Organismenarten kann man überhaupt nicht von Embryologie sprechen.

Der Begriff „Embryo" kann, wie bereits im dritten Capitel erwähnt wurde, nur dann scharf bestimmt und mit Nutzen angewandt werden, wenn man darunter den „Organismus innerhalb der Eihüllen" versteht. Diesen festbestimmten Sinn hatte der Begriff des Embryo bereits im ganzen Alterthum, wo man stets „die ungeborene Frucht im Mutterleibe" (bei den Römern Foetus, richtiger Fetus) darunter verstand [1]). Mit dem Geburtsakte galt das embryonale oder fe-

[1]) „τὸ ἐντὸς τῆς γαστρὸς βρύον" Eust. Zusammengezogen Em-bryon.

tale Leben als beendet und der Embryon oder Fetus wurde durch denselben zum selbstständigen, freien Organismus. Eben so wurde von den meisten neueren Naturforschern sowohl der thierische als pflanzliche Organismus stets nur so lange als Embryo bezeichnet, so lange er sich innerhalb der Eihüllen befand. Erst den letzten beiden Decennien, welche sich durch die überhandnehmende Verwilderung der Begriffe und fortschreitende Verwirrung der Anschauungen in stets zunehmendem Maasse vor den früheren Zeiten auszeichneten, blieb es vorbehalten, auch diesen klaren und festen Begriff zu vernichten und durch die Einführung von „freien Embryonen" in die Wissenschaft diese aufs Neue eines sicheren Begriffs zu berauben. Seitdem man begonnen hat, die „Larven" als Embryonen mit freiem und selbstständigem Leben zu bezeichnen, hat man sich leider in weiten Kreisen daran gewöhnt, die gänzlich verschiedenen Begriffe der Larve und des Embryo (besonders bei den niederen Thieren) gemischt zu gebrauchen, so dass gegenwärtig der missbräuchliche Ausdruck des „freien Embryo" statt der „Larve" leider sehr verbreitet ist. Insbesondere nennt man häufig so die bewimperten, frei im Wasser schwimmenden Larven vieler niederer Thiere, welche gewissen Infusorien sehr ähnlich sind. Für diese werden die Ausdrücke Schwärm-Embryo, Wimper-Embryo, infusorienartiger Embryo etc. so vielfältig gebraucht, dass darüber die eigentliche Bedeutung des „Embryo" ganz vergessen worden ist. Es ist dies um so mehr zu bedauern, als gar kein zwingendes Moment vorlag, den sicheren und feststehenden Begriff des Embryo aufzugeben. Wir halten daher unbedingt an demselben fest und verstehen ein für allemal unter Embryo ausschliesslich den Organismus innerhalb der Eihüllen, und unter „embryonalem Leben" diejenige Periode der individuellen Existenz, welche mit der Entstehung des kindlichen Individuums durch den geschlechtlichen Zeugungsakt beginnt und mit seinem Durchbruch der Eihüllen abschliesst. Diese beiden Momente sind vollkommen scharf bestimmt und lassen keinerlei Verwechselung zu.

Nun ist es ohne Weiteres klar, dass man die gesammte Entwickelungsgeschichte des physiologischen Individuums, wie wir deren Umfang soeben bezeichnet haben, in keinem einzigen Falle mit dem Namen der Embryologie belegen darf, falls dieser Ausdruck irgend einen bestimmten Sinn haben soll. Denn es giebt keinen einzigen Organismus, dessen individuelle Existenz sich auf das embryonale Leben beschränkt. Vielmehr erscheint dieses letztere, vom physiologischen Gesichtspunkte aus betrachtet, stets nur als die vorbereitende Einleitung der individuellen Existenz, vom morphologischen Gesichtspunkte aus als die „Recapitulation der paläontologischen Entwickelung des Stammes", zu welchem die durch das Individuum repräsentirte Art gehört. Die Entwickelung, welche der Organismus ausserhalb der Eihüllen durchläuft,

ist aber nicht minder Entwickelung, Genesis, als diejenige, welche derselbe innerhalb derselben durchzumachen hat. Wir werden also bei denjenigen Organismen, welche sich aus einem befruchteten Ei entwickeln, allgemein zu unterscheiden haben zwischen der embryonalen und der postembryonalen Entwickelung, welche beide durch eine unzweideutige Grenzmarke von einander getrennt sind. Der Begriff der Embryologie ist demnach zu beschränken auf die Wissenschaft von der embryonalen Entwickelung. Dagegen bezeichnen wir die Wissenschaft von der postembryonalen Entwickelung mit dem Namen der Metamorphologie.

Embryologie und Metamorphologie als subordinirte Zweige der Ontogenie können natürlich nur bei denjenigen organischen Individuen unterschieden werden, welche sich aus einem befruchteten Ei entwickeln, also einem sexuellen Zeugungsakte ihre Entstehung verdanken. Da dies meistens (und nur mit wenigen Ausnahmen) bloss der Fall ist bei Individuen vierter und fünfter Ordnung (Metameren und Personen), seltener auch bei Individuen niederer Ordnung, da ferner auch bei den geschlechtlich zeugenden Arten sehr häufig die sexuelle Zeugung von Bionten mit der geschlechtslosen regelmässig abwechselt (Metagenesis), so kann natürlich bei diesen, wie bei allen denjenigen Species, denen die geschlechtliche Zeugung überhaupt fehlt (viele Protisten und niedere Pflanzen), weder von Embryologie noch von Metamorphologie die Rede sein. Vielmehr müssen wir hier allgemein die Entwickelungsgeschichte der Individuen als Ontogenie bezeichnen. Will man in dieser noch verschiedene Zweige unterscheiden, entsprechend den drei Entwickelungsstadien der Aufbildung (Evolution), Umbildung (Transvolution) und Rückbildung (Involution), so würden diese drei untergeordneten Theile der Ontogenie allgemein zu bezeichnen sein als Anaplastologie, Metaplastologie und Cataplastologie.

I. Anaplastologie, Aufbildungslehre: Entwickelungsgeschichte des organischen Individuums während der Periode der Aufbildung (Evolution). Dieser Theil der Ontogenie ist derjenige, welcher allen organischen Individuen (erster bis letzter Ordnung) ohne Ausnahme zukommt, da alle ein Stadium der Aufbildung durchmachen, welches vorzugsweise in Wachsthum und Differenzirung besteht. Es gehört hierher alle Embryologie und derjenige Theil der Metamorphologie, welcher bis zur erlangten Reife sich erstreckt. Die Anaplastologie entspricht mithin der Entwickelungsgeschichte im Sinne der meisten Menschen.

II. Metaplastologie, Umbildungslehre: Entwickelungsgeschichte des organischen Individuums während der Periode der Umbildung (Transvolution). Dieser Theil der Ontogenie fehlt denjenigen organischen Individuen, [illegible] Existenz zugleich mit ihrer Aufbildung abschliesst, z. B. den [illegible] Zellen, den Moneren und vielen anderen Protisten, welche

sich nach Erlangung der vollständigen Grösse alsbald theilen. Er umfasst hauptsächlich Differenzirungsvorgänge.

III. Cataplastologie, Rückbildungslehre: Entwickelungsgeschichte des organischen Individuums während der Periode der Rückbildung (Involution). Dieser Theil der Ontogenie fehlt vollständig bei der grossen Anzahl derjenigen organischen Individuen, welche überhaupt keine Rückbildung erleiden, vielmehr ihre Existenz mit erlangter Differenzirung abschliessen. Dagegen ist er sehr wichtig bei denjenigen Species, welche parasitisch leben. Er umfasst hauptsächlich Degenerationsprocesse.

VIII. Entwickelung und Metamorphose.

Die Metamorphose oder Verwandelung und ihre Beziehungen zur Entwickelung der Organismen sind auf verschiedenen Gebieten von den Biologen in einer sehr verschiedenen Bedeutung aufgefasst worden. Die Botaniker verstehen seit Goethe[1]) unter „Metamorphose der Pflanzen" die gesammte Entwickelungsgeschichte des Blüthensprosses oder des Individuums fünfter Ordnung bei den Phanerogamen, welches denselben morphologischen Werth hat, wie die thierische Person. Goethe führte 1790 geistvoll den zuerst von C. F. Wolff (1764) ausgesprochenen Gedanken aus, dass alle wesentlichen Theile der Phanerogamen-Blüthe, mit Ausnahme der Stengelorgane (Axorgane), nichts Anderes seien, als „umgewandelte, metamorphosirte" Blätter, d. h. verschiedenartig differenzirte Modificationen eines und desselben Grundorgans, des Blattes. Das Wesentliche in diesem Verwandelungsprocesse der Phanerogamen-Blüthe ist also das Wachsthum und die Differenzirung, auf welcher die gesammte Entwickelung derselben beruht. Die Lehre von der Metamorphose umfasst daher hier die gesammte Anaplase und Metaplase, und es erscheint nicht nöthig, für diese die besondere Bezeichnung der Metamorphose als eines besonderen ontogenetischen Vorganges beizubehalten. Vielmehr fällt in diesem allgemeineren Sinne der Begriff der Metamorphose mit dem Begriffe der epigenetischen Entwickelung überhaupt zusammen.

In einer wesentlich anderen Bedeutung wird dagegen der Begriff der Metamorphose seit langer Zeit von den Zoologen angewendet. Diese verstehen darunter grösstentheils die auffallenderen Formwandelungen,

---

[1]) Goethe bestimmte den Begriff der „Metamorphose der Pflanzen" in folgenden Worten (1790): „die geheime Verwandtschaft der verschiedenen äusseren Pflanzentheile, als der Blätter, des Kelchs, der Krone, der Staubfäden, welche sich nach einander und gleichsam aus einander entwickeln — die Wirkung, wodurch ein und dasselbe Organ sich uns mannichfaltig verändert sehen lässt — das Wachsthum der Pflanze, wodurch gewisse äussere Theile derselben sich manchmal verwandeln und in die Gestalt der nächstliegenden Theile, bald ganz bald mehr oder weniger, übergehen."

welche zahlreiche, vorzüglich wirbellose Thiere während ihrer postembryonalen Entwickelung durchmachen, ehe sie ihren Reifezustand erreichen. Ausgehend von dem am längsten und allgemeinsten bekannten Beispiele der Insecten, bei denen Raupe, Puppe und Schmetterling und ebenso Made, Puppe und Fliege als drei auffallend verschiedene und scharf von einander abgegrenzte Entwickelungszustände eines und desselben organischen Individuums auf einander folgen, belegte man allgemein die ähnlichen Formfolgen, welche in neuerer Zeit bei so vielen wirbellosen Thieren aufgefunden wurden, und bei denen ebenfalls ein und dasselbe Thier in mehreren auffallend verschiedenen äusseren Formen nach einander erscheint, mit dem Namen der Metamorphose. Da nun aber ähnliche „auffallende" Formveränderungen, wie sie hier vom Organismus ausserhalb der Eihüllen, also in der postembryonalen Zeit, durchlaufen werden, bei vielen anderen Thieren, bei denen dies nicht der Fall ist, innerhalb des embryonalen Lebens durchgemacht werden, so dehnte man späterhin den Begriff der thierischen Metamorphose noch weiter aus und verstand darunter die sämmtlichen auffallenden Formveränderungen, welche der thierische Organismus während der Aufbildungsperiode, der Anaplase, durchläuft. Man konnte demnach zwischen einer embryonalen und einer postembryonalen Metamorphose unterscheiden, wie es auch neuerdings vielfach geschehen ist. Hier würde nun wieder der Begriff der Metamorphose mit dem der individuellen Entwickelung überhaupt zusammenfallen, oder man könnte diese letztere höchstens insofern in Ontogenie mit und ohne Metamorphose unterscheiden, als die Formveränderungen des sich entwickelnden Individuums bald auffallende und plötzliche, bald unmerkliche und allmähliche sind. Da nun aber gerade im embryonalen Leben eine solche Unterscheidung gar nicht durchzuführen ist und da streng genommen alle embryonale Anaplase mit Metamorphose verbunden ist, so müssen wir den Begriff der Metamorphose auf die postembryonale Ontogenie beschränken und denselben auf diesem Gebiete schärfer zu bestimmen versuchen.

Ohne nun auf die zahlreichen verschiedenen und sehr divergirenden Versuche, welche in dieser Beziehung gemacht worden sind, näher einzugehen, wollen wir hier nur denjenigen Begriff der postembryonalen Metamorphose feststellen, der uns allein bei einer vergleichenden Betrachtung aller Organismen durchführbar zu sein scheint. Wir nennen Metamorphose in diesem engeren Sinne diejenige Art der postembryonalen Umbildung oder Entwickelung, bei welcher der jugendliche Organismus, ehe er in die geschlechtsreife Form übergeht, bestimmt geformte Theile abwirft; derselbe ist also ausgezeichnet durch den Besitz provisorischer Theile (gewöhnlich Organe), welche er später als geschlechtsreifer Repräsentant der Species nicht mehr besitzt. Der

Verlust dieser provisorischen Theile ist der eigentliche Kern der Metamorphose im engeren Sinne. Diese Theile können sehr verschiedenartig sein; gewöhnlich sind es Individuen zweiter Ordnung oder Organe (z. B. die Wimperkränze vieler wirbelloser Larven), oft aber auch Individuen dritter und höherer Ordnung, wie z. B. bei den Batrachiern der Schwanz, eine Kette von Metameren. Bei niederen Organismen, welche als geschlechtsreife Bionten nur den Werth von Individuen erster oder zweiter Ordnung haben (z. B. Protisten und niedere Algen), können es auch nur Individuen erster Ordnung (Plastiden) oder selbst nur Theile von solchen sein (z. B. Wimpern, fadenförmige Fortsätze einer Plastide), welche als provisorische Theile abgeworfen oder eingezogen werden und das Wesen der Metamorphose constituiren. Besonders häufig ist die gesammte äussere Körperdecke der provisorische Theil und das Wesen der Metamorphose liegt dann in der Häutung. Jedoch kann diese nur dann so bezeichnet werden, wenn die alte und die neue Haut wesentliche Verschiedenheiten nicht bloss in der Grösse, sondern auch in Form und Entwickelung einzelner Theile darbieten. So leicht es übrigens einerseits ist, die Metamorphose als solche da anzuerkennen, wo die provisorischen Theile im Verhältniss zum übrigen Körper durch Grösse und Form sich sehr auffallend auszeichnen, so schwierig wird dies andererseits in den ebenfalls häufigen Fällen, wo dieselben im Verhältniss zum Ganzen wenig in die Augen fallen. Hier ist die Grenze zwischen postembryonaler Entwickelung mit und ohne Metamorphose oft vollständig verwischt; so bei sehr vielen Wirbellosen. Ebenso ist es auch oft sehr schwierig, die Metamorphose vom Generationswechsel zu unterscheiden, da nicht selten Fälle vorkommen, in denen der provisorische Theil, welcher abgeworfen wird, fast denselben morphologischen Werth besitzt, wie der Rest des Körpers, welcher sich weiter entwickelt, so dass man beide Theile als verschiedene Generationen betrachten könnte. So ist es z. B. bei den Trematoden. Aus diesen und anderen Gründen wird es in der ontogenetischen Praxis oft sehr schwer, die postembryonale Entwickelung mit Metamorphose als solche bestimmt nachzuweisen.

Die Entwickelungszustände der metamorphen Organismen, welche durch den Besitz provisorischer Theile ausgezeichnet sind, hat man seit langer Zeit als Larven (Larvae) oder Schadonen (Aristoteles) bezeichnet, die reifen Formen, welche aus der Larve durch die Metamorphose entstehen, als Bilder (Imagines). Es könnte demnach die Lehre von den postembryonalen Verwandelungen oder die eigentliche Metamorphosenlehre auch als Larvenlehre (Schadonologie)[1]) unterscheiden

[1]) Indem wir den Begriff der Schadonologie auf die Lehre von den echten postembryonalen Metamorphosen beschränken, corrigiren wir die weitere Fassung des Begriffs, welche demselben im dritten Capitel (S. 54) unpassend gegeben war, wo wir denselben

terschieden werden. Indessen hat diese Unterscheidung insofern wenig Werth, als sie immer nur einen untergeordneten Theil der Ontogenie bildet, der oft bei nahe verwandten Organismen von äusserst ungleicher Bedeutung ist. Ebenso wenig Werth besitzt für die allgemeine Ontogenie die Unterscheidung verschiedener untergeordneter Glieder des Larvenlebens, unter denen insbesondere der Ruhezustand der Puppe (Pupa) bei den metabolen Insecten sich auszeichnet. Je weiter man die Vorgänge der Metamorphose bei den verschiedenen Organismen kennen lernt, eine desto grössere Ungleichmässigkeit und Ungleichwerthigkeit derselben stellt sich heraus, was durch die sehr verschiedenen Anpassungsbedingungen zu erklären ist, unter denen die Larvenzustände entstanden sind.

Wichtiger ist im Allgemeinen die Unterscheidung zwischen progressiver und regressiver Metamorphose. Diese beiden Formen der echten postembryonalen Metamorphose, obwohl auch bisweilen in einander übergreifend, unterscheiden sich wesentlich dadurch, dass die morphologische Differenzirung und also die Vollkommenheit des ganzen Individuums im Falle der progressiven Metamorphose grösser ist bei der Imago als bei der Larve; im Falle der regressiven Metamorphose umgekehrt grösser bei der Larve als bei der Imago. Die fortschreitende oder progressive Verwandlung ist die gewöhnliche Art der Metamorphose; die rückschreitende oder regressive Verwandlung, welche durch Anpassung an einfachere Existenzbedingungen entsteht, findet sich vorzüglich bei parasitischen Thieren, z. B. vielen Crustaceen.

IX. Genealogische Individualität der Organismen.

Ausser der morphologischen und physiologischen Individualität der Organismen, welche im neunten und zehnten Capitel geschildert worden ist, lässt sich auch noch eine genealogische Individualität derselben unterscheiden, wie wir im achten Capitel bei der allgemeinen Uebersicht der verschiedenen über die organische Individualität herrschenden Ansichten bereits erwähnt haben (Bd. I, S. 262). Bei den vielfachen Versuchen, diesen schwierigen Begriff zu bestimmen, hat man auch die Einheit der Entwickelung als Kriterium benutzt. Insbesondere ist von Gallesio für die Pflanzen, von Huxley für die Thiere diejenige einheitliche Reihe von zusammenhängenden Formen, welche aus der Entwickelung eines einzigen Eies hervorgeht, und welche wir demgemäss am kürzesten als Eiproduct bezeichnen, als das organische Individuum κατ' ἐξοχήν hingestellt worden. Offenbar sind die genannten Naturforscher zu dieser Bestimmung der

als gleichbedeutend mit der Metamorphologie hinstellten. Die erstere ist aber nur ein Theil der letzteren, ihr subordinirt.

organischen Individualität dadurch gekommen, dass sie von der bei weitem überwiegenden Mehrzahl der höheren Thiere und Pflanzen ausgingen, bei denen die im gewöhnlichen Sinne als Individuum angesprochene Formeinheit, nämlich das physiologische Individuum, in der That das Product der Entwickelung eines einzigen Eies ist.

Bei allen Wirbelthieren und allen höheren Mollusken, ferner bei den meisten Arthropoden und einer Anzahl von niederen Weichthieren, Würmern und Cölenteraten, sowie bei der Mehrzahl der höheren Pflanzen, sehen wir in der That, dass jedes physiologische Individuum (welches zugleich dem Individuum im gewöhnlichen Sinne entspricht) das Resultat der Entwickelung eines einzigen Eies ist, und dass alle verschiedenen Formen, welche das einzelne Ei im Gange seiner Entwickelung durchläuft, zusammen eine continuirliche Kette bilden, einer einzigen, zwar in der Zeit veränderlichen, aber räumlich und materiell zusammenhängenden Formeinheit angehören, welche mit der Geschlechtsreife des werdenden Organismus abschliesst. Hier entspricht also das Eiproduct in der That vollkommen der Gesammtheit aller Formen, welche das einzelne Bion durchläuft.

Anders aber verhält sich diese Formenreihe, sobald wir zu den niederen Thieren und niederen Pflanzen herabsteigen. Hier fällt verhältnissmässig nur selten das Eiproduct mit der Formenreihe eines einzigen physiologischen Individuums zusammen. Vielmehr sehen wir, hauptsächlich durch das häufige Auftreten der ungeschlechtlichen Fortpflanzungsweise und ihr Alterniren mit der geschlechtlichen bedingt, dass aus einem einzigen Eie eine Mehrzahl, oft eine ungeheuere Anzahl von Bionten als physiologische Individuen hervorgehen können; Bionten, die bald räumlich vereinigt bleiben, bald auch räumlich sich trennen, sich von einander ablösen können, und die im letzteren Falle Jedermann als ebenso viele einzelne Individuen betrachten wird, obwohl nicht jede aus einem besonderen Ei hervorgegangen ist. So sehen wir im Laufe eines einzigen Sommers aus einer einzigen Blattlaus-Amme, welche das Product eines einzigen Eies ist, durch innere Keimzeugung Millionen vollkommen entwickelter und selbstständiger Blattlaus-Individuen hervorgehen, die in jeder Beziehung, mit Ausnahme des Mangels der Geschlechtsorgane, vollkommene Repräsentanten ihrer Art sind, und die Niemand als Glieder eines einzigen Bion wird betrachten wollen. So sind alle Trauerweiden, die wir in Europa besitzen, auf ungeschlechtlichem Wege (durch Bildung von Ableger-Sprossen) aus einem einzigen weiblichen Baume der *Salix babylonica* gezogen worden; keine einzige ist ein Eiproduct. Sollen wir deshalb alle diese selbstständigen Bäume, die über einen ganzen Erdtheil zerstreut sind, als Theile eines einzigen Individuums betrachten? Wenn wir die geschlechtliche Zeugung mit Gallesio und Huxley als das Kriterium der organi-

schen Individualität betrachten, müssen wir dies consequenter Weise thun. Allein in diesen wie in sehr vielen anderen Fällen sind diejenigen Individuen, die auf ungeschlechtlichem Wege, durch Sprossung, Keimbildung oder Theilung entstehen, durchaus nicht oder nur in höchst untergeordneten Beziehungen von dem aus einem Ei hervorgegangenen Individuum zu unterscheiden. Zwar lässt Huxley nur die aus einem Ei entstandenen Thiere als wirkliche Individuen gelten und bezeichnet die ungeschlechtlich erzeugten als „Zooiden". Allein gerade bei den Blattläusen, welche er als Beispiel anführt, ist mit dieser Benennung doch wenig geholfen, da der Mangel des vollständigen Geschlechtsapparates bei diesen Zooiden uns gewiss nicht wird bestimmen können, dieselben vom morphologischen Gesichtspunkte aus anders anzusehen, als die geschlechtsreif werdenden Insecten, welche sonst ganz dieselben tectologischen Eigenschaften besitzen. Es wird also, wie wir schon im achten Capitel gezeigt haben, diese Bestimmung der organischen Individualität sich nicht festhalten lassen, wenn man zu einer anatomischen Begriffsbestimmung derselben gelangen will.

Dagegen verdient die organische Individualität, wie sie von Gallesio und Huxley als Eiproduct bestimmt worden ist, und wie sie zweifelsohne bei vielen Organismen eine natürliche Entwickelungseinheit darstellt, allerdings Berücksichtigung in der Entwickelungsgeschichte und wir können die Bezeichnung derselben als Eiproduct mit Vortheil benutzen, wenn es gilt, einen allgemeinen Ueberblick über die verschiedenen Entwickelungsformen der Organismen zu gewinnen. Wir können dann das Eiproduct oder den Eikreis, welcher den geschlossenen Formenkreis der geschlechtlichen Zeugung (Cyclus amphigenes) darstellt, allgemein als ein genealogisches Individuum erster Ordnung bezeichnen, gegenüber der Species und dem Phylon, welche man als genealogische Individuen zweiter und dritter Ordnung auffassen kann (vergl. Bd. I, S. 57). Jedoch bedarf dann der Begriff des Eiproductes einer gewissen Ergänzung, da er nicht auf alle Species anwendbar ist.

Der Begriff des Eiproductes oder des amphigenen Zeugungskreises, wie er in dem Individuum von Gallesio und Huxley liegt, würde nur dann auf alle Organismen anwendbar sein, wenn alle Species sich auf geschlechtlichem Wege, wenigstens zeitweise, fortpflanzten. Nun kennen wir aber in den meisten Protisten und in vielen niedersten Pflanzen Organismen, welche niemals zur geschlechtlichen Differenzirung sich erheben, sondern ausschliesslich auf ungeschlechtlichem Wege sich fortpflanzen. Es ist dies der Fall bei den meisten Stämmen des Protistenreiches, bei allen Moneren, Protoplasten, Rhizopoden, Diatomeen, Myxomyceten, bei den meisten (wenn nicht allen) Flagellaten, Myxocystoden und einzelligen Algen. Die Erhaltung der Art erfolgt

hier lediglich durch Theilung, Knospenbildung, Keimbildung etc. Zwar ist häufig und auch neuerdings wiederholt das Dogma ausgesprochen worden, dass auch diesen unvollkommensten Organismen eine geschlechtliche Fortpflanzung zukommen müsse, und uns nur noch nicht bekannt sei; indessen ist dieses Dogma seinem ganzen Wesen nach durchaus falsch und es lässt sich vielmehr, gestützt auf die Descendenztheorie, mit aller Bestimmtheit die entgegengesetzte Behauptung aussprechen, dass nämlich sehr zahlreiche Organismen existirt haben müssen und auch gegenwärtig noch existiren können, welchen die geschlechtliche Fortpflanzung völlig abgeht; denn offenbar kann dieser Process keine ursprüngliche physiologische Function der Organismen sein, sondern kann sich erst spät durch Differenzirung von Keimen, durch Arbeitstheilung in männliche befruchtende und weibliche befruchtungsbedürftige Geschlechtsorgane gebildet haben. Sicher werden lange Zeiträume in der ältesten Erdgeschichte verflossen sein, innerhalb deren sich die autogonen Moneren und ihre differenzirten Nachkommen lediglich auf dem einfachsten ungeschlechtlichen Wege, durch Theilung und Knospenbildung, später auch durch Bildung innerer Keime fortgepflanzt haben. Die Differenzirung der Geschlechter ist erst ein verhältnissmässig später Sonderungsprocess einer ursprünglich ungeschlechtlichen Form. Auch steht kein Hinderniss der Annahme im Wege, dass solche Species ohne sexuelle Differenzirung noch jetzt existiren und in den aufgezählten Protisten etc. zu finden sind.

Jedenfalls werden wir also den Begriff des Eiproductes, durch welchen wir bei den geschlechtlich zeugenden Organismen den geschlossenen Cyclus aufeinander folgender Formzustände bezeichnen, der innerhalb der Species sich in rhythmischem Wechsel vom mütterlichen Ei bis zum kindlichen Ei beständig wiederholt, nicht allgemein anwenden können. Allerdings existirt der gleiche Cyclus als Entwickelungseinheit auch bei den geschlechtslosen Species. Er wird hier repräsentirt durch die Reihe von Formen, welche zwischen den beiden ungeschlechtlichen Zeugungsacten eines elterlichen und eines kindlichen Bion mitten inne liegt und welche also mit der Entstehung des physiologischen Individuums durch Spaltung (Theilung, Knospenbildung) oder Keimbildung beginnt und mit der Spaltung oder Keimbildung desselben Individuums abschliesst. Wir können daher diesen Formenkreis hier allgemein als Spaltungskreis oder Spaltungsproduct bezeichnen, und es fällt bei diesen Organismen stets der Begriff des physiologischen Individuums, wenn man es nach seiner zeitlichen Existenz beurtheilt, mit dem Begriff des Spaltungsproductes oder des ungeschlechtlichen Zeugungskreises (Cyclus monogenes) zusammen. Bei den meisten Protisten, ebenso bei den nicht geschlechtlich differenzirten niederen Pflanzen, beginnt dieser monogene Zeugungskreis oder Spaltungskreis

mit der Selbsttheilung eines Bionten, oder mit der Entstehung einer Knospe oder Spore, und dauert bis zu dem Momente, in welchem das erwachsene Zeugungsproduct oder das actuelle Bion selbst wieder auf irgend einem ungeschlechtlichen Wege sich fortpflanzt.

Das Spaltungsproduct hat also als genealogisches Individuum erster Ordnung für die geschlechtslosen organischen Species dieselbe Bedeutung, wie das Eiproduct für die geschlechtlich differenzirte Art. Beide bezeichnen die rhythmisch sich wiederholende Entwickelungseinheit, aus deren Vielheit sich die Species aufbaut. Beide Generationskreise zusammen, den ungeschlechtlichen Spaltungskreis und den geschlechtlich differenzirten Eikreis, können wir allgemein als Zeugungsproduct oder Keimproduct bezeichnen, besser vielleicht noch als Zeugungskreis. Dieser Cyclus Generationis ist unser genealogisches Individuum erster Ordnung.

Die organische Species oder Art ist nichts als eine Summe von gleichen Zeugungskreisen und setzt sich in ähnlicher Weise aus einer Vielheit von Zeugungskreisen zusammen, wie jeder einzelne Zeugungskreis aus einer Vielheit von Formzuständen, welche entweder ein einzelnes Bion oder eine Summe von zu einem Cyclus gehörigen Bionten während der Zeit ihrer individuellen Existenz durchläuft. Hierdurch erhalten wir den Begriff der Species als eines genealogischen Individuums zweiter Ordnung.

Die Species selbst ist eben so wenig als der Zeugungskreis eine absolute und unveränderliche organische Individualität. Vielmehr ändert sie ab mit den Existenzbedingungen, unter welchen sie lebt, und durch Anpassung an neue Existenzbedingungen geht sie in neue Arten über. Alle die zahlreichen Arten der drei Reiche, welche jemals auf unserer Erde gelebt haben, sind in dieser Weise, unter dem Einflusse der von Darwin entdeckten natürlichen Zuchtwahl, im Laufe der Zeit aus einer geringen Anzahl autogener Species hervorgegangen. Diese autogonen Stammformen aller organischen Species können, wie wir im sechsten und siebenten Capitel gezeigt haben, nur structurlose Moneren einfachster Art gewesen sein. So wenig aber die Species und der Zeugungskreis eine unveränderliche und geschlossene Entwickelungseinheit ist, so können wir dieselben doch einer vollkommen abgeschlossenen und natürlichen genealogischen Individualität dritten und höchsten Ranges unterordnen. Diese ist der Stamm oder das Phylon, die Summe aller organischen Species, welche aus einer und derselben autogonen Moneren-Form hervorgegangen ist. So gelangen wir zum Begriffe des Phylon als eines genealogischen Individuums dritter Ordnung.

Wir können demgemäss die Summe aller organischen Entwickelungseinheiten in ähnlicher Weise in eine aufsteigende Stufenleiter von genealogischen Individualitäten einreihen, wie wir die Summe aller ana-

tomischen Formeinheiten in eine aufsteigende Stufenreihe von morphologischen (richtiger anatomischen) Individuen zusammengefasst haben. Wie hier, so entspricht auch dort jede Einheit höherer Ordnung einer Vielheit von Einheiten der nächstniederen Ordnung. Wie jeder einzelne Stock eine Vielheit von Personen, jede einzelne Person eine Vielheit von Metameren ist, so stellt jedes einzelne Phylon eine Vielheit von Species, und jede einzelne Species eine Vielheit von Zeugungskreisen oder Keimproducten dar. Der einzelne Zeugungskreis selbst aber ist wieder eine Vielheit von morphologischen Individuen, die in der Zeit auf einander folgen, und bei denjenigen Organismen, welche zeitlebens auf der Plastidenstufe verharren, eine Vielheit von Formzuständen, welche ein und dieselbe Plastide während ihrer individuellen Existenz durchläuft. Die genealogische Individualität ist demnach nicht, wie die morphologische, eine Raumeinheit, die wir im Momente der Beurtheilung als unveränderlich betrachten, sondern eine Zeiteinheit, die erst durch die geschlossene Reihenfolge ihrer räumlichen Veränderungen zur Individualität wird.

Ohne auf die Naturgeschichte der Species und der Stämme hier näher einzugehen, wollen wir doch schon hier auf ein Verhältniss zwischen denselben und den Zeugungskreisen besonders aufmerksam machen, welches zwar in neuerer Zeit allgemeinere Beachtung, aber doch nur bei sehr wenigen Naturforschern tieferes Verständniss gefunden hat. Dieses äusserst interessante und wichtige Verhältniss, welches wir als eine der grössten und lehrreichsten Erscheinungsreihen der organischen Natur betrachten, ist die dreifache Parallele der drei genealogischen Individualitäten, d. h. die merkwürdige Uebereinstimmung in der Stufenleiter von aufeinander folgenden Formzuständen, welche sich zwischen den drei verschiedenen Ordnungen der genealogischen Individualität offenbart. In diesem dreifachen Parallelismus der individuellen, der systematischen und der paläontologischen Entwickelung, in der genetischen Analogie des Bion, der Species und des Phylon, erblicken wir einen der unwiderleglichsten Beweise für die Wahrheit der Descendenztheorie, weil die letztere allein uns diese Parallele mechanisch-causal zu erklären vermag.

Die Untersuchung der genealogischen Individualitäten zweiter und dritter Ordnung, der Species und Stämme, bleibt dem sechsten Buche vorbehalten. Hier beschäftigen wir uns nur mit der Entwickelungseinheit erster Ordnung, dem Zeugungskreise oder Generationscyclus, dessen einzelne Formen wir im folgenden Capitel näher betrachten wollen.

Siebzehntes Capitel.

Entwickelungsgeschichte der physiologischen Individuen.

(Naturgeschichte der Zeugungskreise oder der genealogischen Individuen erster Ordnung.)

„Die Vergleichung beider Geschlechter mit einander ist, zu tieferer Einsicht in das Geheimniss der Fortpflanzung, als des wichtigsten Ereignisses, der Physiologie unentbehrlich. Beider Objecte natürlicher Parallelismus erleichtert sehr das Geschäft, bei welchem unser höchster Begriff, die Natur könne identische Organe dergestalt modificiren und verändern, dass dieselben nicht nur in Gestalt und Bestimmung völlig andere zu sein scheinen, sondern sogar in gewissem Sinne einen Gegensatz darstellen, bis zur sinnlichen Anschauung heranzuführen ist.“ Goethe.

I. Verschiedene Arten der Zeugung.

Die Entwickelung der organischen Individuen in dem Umfange, welchen wir oben für diesen Begriff festgestellt haben, dauert ihr ganzes Leben hindurch; denn das ganze Leben ist eine continuirliche Kette von Bewegungserscheinungen der organischen Materie, welche immer mit entsprechenden Formveränderungen verknüpft sind. Die Erkenntniss dieser gesammten Formveränderungen, mögen dieselben nun progressive oder regressive sein, ist das Object der Ontogenie, in dem weiteren Sinne, welchen wir dieser Wissenschaft vindiciren. Da die organische Individualität, welche jene Kette von Entwickelungsformen durchläuft, als physiologisches Individuum (Bion) auftritt, so ist die Ontogenie des ganzen Organismus die Entwickelungsgeschichte seiner physiologischen Individualität.

Die Existenz jedes physiologischen Individuums beginnt mit dem Momente seiner Entstehung durch Zeugung und hört auf entweder mit seinem Tode oder mit seinem vollständigen Zerfall in zwei oder mehrere kindliche Individuen (Selbsttheilung). Wir werden daher die allgemeine Entwickelungsgeschichte der physiologischen Individuen mit

einer allgemeinen Erörterung der Zeugungserscheinungen anfangen müssen, mit denen die Existenz aller organischen Individuen ohne Ausnahme beginnt.

Der Begriff der Zeugung fällt zusammen mit dem Begriff der Entstehung der organischen Individualität. Durch jeden Zeugungsprocess entsteht ein organisches Individuum, welches vorher nicht existirte, und der Moment der Zeugung ist der Moment des Beginnes seiner individuellen Existenz und seiner Entwickelung. Alle Zeugung, d. h. also alle Entstehung organischer Individuen, ist entweder Urzeugung (Generatio spontanea) oder Elternzeugung (Generatio parentalis). Die letztere geht aus von vorhandenen organischen Individuen, die erstere nicht.

A. *Urzeugung.*

(Archigonia. Generatio spontanea.)

Die elternlose Zeugung oder Urzeugung (Generatio spontanea, originaria, aequivoca, primaria etc.) besteht darin, dass organische Individuen erster Ordnung von der einfachsten Beschaffenheit (structurlose und homogene Moneren) unter bestimmten Bedingungen in einer nicht organisirten Flüssigkeit entstehen, welche die den Organismus zusammensetzenden Stoffe entweder in anorganischen oder in organischen Verbindungen gelöst enthält. Wenn die chemischen Elemente, welche zu verwickelten Verbindungen zusammengesetzt den Moneren-Körper constituiren, in anorganischer Form (d. h. zu einfachen und festen Verbindungen, Kohlensäure, Ammoniak, binären Salzen etc.) vereinigt in der Bildungsflüssigkeit gelöst sind, so nennen wir diesen Modus der Generatio spontanea Autogonie. Wenn dagegen jene Elemente bereits zu organischen Verbindungen (d. h. zu verwickelten und lockeren Kohlenstoff-Verbindungen, Eiweiss, Fett, Kohlenhydraten etc.) vereinigt in der Bildungsflüssigkeit gelöst sind, so nennen wir diese Art der Generatio spontanea Plasmogonie.

Die elternlose Zeugung in einer „anorganischen" Bildungsflüssigkeit, die Autogonie oder Selbstzeugung, ist derjenige Modus der Generatio spontanea, mit welchem nothwendig das organische Leben auf der früher unbelebten Erdrinde zu irgend einer Zeit begonnen haben muss. Da uns dieser Vorgang bis jetzt nicht durch empirische Beobachtung bekannt ist, wissen wir nicht, ob derselbe gegenwärtig noch fortdauert. Nothwendig aber ist der wichtige Deductionsschluss, dass irgend einmal organische Individuen einfachster Art (Moneren) unmittelbar durch den Zusammentritt einfacher (anorganischer) Verbindungen zu verwickelten (eiweissartigen Kohlenstoff-Verbindungen) entstanden sein müssen. In diesem Sinne haben wir den Process der Autogonie im sechsten Capitel eingehend erörtert (Bd. I, S. 179—190).

Die andere Art der elternlosen Zeugung, die Plasmogonie oder Plasmazeugung, durch welche organische Individuen einfachster Art ausserhalb bestehender Organismen in einer „organischen“ Bildungsflüssigkeit entstehen, haben wir ebendaselbst bereits einer allgemeinen Betrachtung unterzogen (Bd. I, S. 176). Auch diesen Process, welchen man allgemein als „Generatio aequivoca oder spontanea“ bezeichnet (obwohl er nur der eine Modus derselben ist), hat man noch nicht mit Sicherheit beobachtet. Jedoch ist es möglich, und selbst wahrscheinlich, dass derselbe noch jetzt existirt. Die bis jetzt in dieser Beziehung angestellten Experimente haben die Existenz der Plasmogonie (welche neuerdings besonders von Pouchet vertheidigt wird) nicht mit Bestimmtheit nachzuweisen vermocht. Ebenso wenig, oder vielmehr noch weniger haben sie aber die Nichtexistenz derselben (die namentlich Pasteur vertritt) beweisen können; dieser Beweis ist überhaupt nicht zu liefern (vergl. Bd. I, S. 177). Diejenigen, durch Beobachtung empirisch festgestellten Vorgänge, welche der Plasmogonie am nächsten stehen und dieselbe am besten erläutern, sind die verschiedenen Formen der sogenannten „freien Zellbildung“, welche wir als emplasmatische Zellbildung oder Emplasmogonie unten noch besprechen werden; insbesondere die emplasmatische Entstehung neuer Zellen in der durch Histolyse entstandenen formlosen Bildungsmasse der Fliegenlarve, und die emplasmatische Entstehung neuer Zellen (der Keimbläschen) im Embryosack der Phanerogamen. Der wesentliche Unterschied zwischen dieser Emplasmogonie und der Plasmogonie liegt nur darin, dass dort die formlose organische Substanz, in welcher Plastiden frei entstehen, innerhalb, hier dagegen ausserhalb eines bestehenden Organismus liegt.

B. *Elternzeugung.*

(Tocogonia. Generatio parentalis.)

Unter dem Begriffe der elterlichen Zeugung oder Tocogonie fasst man allgemein alle diejenigen Entstehungsweisen organischer Individuen zusammen, welche von bereits bestehenden organischen Individuen ausgehen. Die Lebensthätigkeit der bestehenden oder elterlichen Individuen, durch welche die neu entstehenden oder kindlichen Organismen hervorgebracht werden, heisst allgemein Fortpflanzung (Propagatio). Das Wesen dieses Vorganges als einer Wachsthumserscheinung haben wir bereits oben erörtert. Indem das Individuum über sein individuelles Maass hinaus wächst, löst sich das überschüssige Wachsthumsproduct in Form eines Theiles von ihm ab, welcher sich alsbald wieder zu einem vollständigen Individuum durch eigenes Wachsthum ergänzt. Der neu erzeugte, kindliche Organismus (Partus) ist also ein abgelöster Theil des elterlichen Organismus (Parens). Die Ablösung kann vollständig oder unvollständig sein. Im ersteren Falle er-

hält das neu erzeugte morphologische Individuum durch den Ablösungsakt die Selbstständigkeit des physiologischen Individuums (Bion). Im letzteren Falle bleibt das kindliche morphologische Individuum mit dem elterlichen mehr oder minder innig verbunden und bildet mit ihm einen Complex oder eine Colonie (Synusia), ein physiologisches Individuum, welches einer höheren morphologischen Ordnung angehört, als die beiden Componenten.

Man pflegt die Tocogonie oder parentale Zeugung allgemein in zwei verschiedene Reihen einzutheilen, unter welche sich alle die zahlreichen Modificationen, welche dieselbe bei den verschiedenen Organismengruppen zeigt, subsumiren lassen: die geschlechtslose oder monogone und die geschlechtliche oder amphigone Fortpflanzung. Bei der Monogonie oder ungeschlechtlichen Fortpflanzung ist das einzelne Wachsthumsproduct, welches sich von dem elterlichen Organismus ablöst, zur Selbsterhaltung und zum selbstständigen Wachsthum befähigt, ohne dazu der Mitwirkung eines anderen Wachsthumsproductes zu bedürfen. Bei der Amphigonie oder geschlechtlichen Fortpflanzung dagegen wird das einzelne Wachsthumsproduct erst durch materielle Verbindung mit einem zweiten davon verschiedenen Wachsthumsproducte, durch geschlechtliche Vermischung (Gamos) zur Selbsterhaltung und zum selbstständigen Wachsthum befähigt. Die Grenze zwischen diesen beiden, in ihren Extremen sehr abweichenden Fortpflanzungsarten, welche früherhin für vollständig verschiedene Zeugungsformen galten, ist durch die neueren Entdeckungen über die Parthenogenesis so sehr verwischt worden, dass es schwierig ist, eine scharfe Definition derselben zu geben. Insbesondere haben die Fälle von Parthenogenesis bei den Insecten (Bienen, Psychiden) dazu geführt, als das Kriterium der geschlechtlichen Zeugung nicht die materielle Verbindung zweier verschiedener Individuen zu bestimmen, sondern die Entstehung der Keime, aus denen sich die neuen Individuen bilden, in einem „Geschlechtsapparate“; die in dem „Eierstock“ gebildete „Eizelle“ soll hier entscheidend sein, und es kann diese Ansicht namentlich gestützt werden durch die Betrachtung der Bienen, bei denen eine und dieselbe Zelle, wenn sie befruchtet wird, sich zum Weibchen, wenn sie nicht befruchtet wird, zum Männchen entwickelt. Indessen ist es nicht möglich, die Geschlechtsorgane und die Geschlechtsproducte, namentlich die Eizelle, als solche vom morphologischen Gesichtspunkte irgendwie scharf zu charakterisiren, da bei den niederen Thieren die Bildung der Geschlechtsproducte oft nicht auf besondere Organe localisirt ist, und Zellen, welche morphologisch von Eizellen nicht zu unterscheiden und gleich diesen entwickelungsfähig sind, an den verschiedensten Stellen des Körpers sich bilden können (z. B. bei vielen Hydromedusen). Auch giebt es bei einigen Thieren besondere Keimorgane, sogenannte „Keim-

stöcke“ (z. B. bei den Aphiden, bei den Salpen und anderen Mollusken), welche sich in morphologischer Beziehung den Geschlechtsorganen sehr ähnlich verhalten und dennoch nicht als solche gedeutet werden können. Es bleibt also nichts Anderes übrig, als das Kriterium der geschlechtlichen Zeugung in die materielle Verbindung zweier verschiedener Zeugungsstoffe zu setzen, von denen der weibliche Zeugungskörper, das befruchtungsbedürftige Ei (Ovum), erst durch die Berührung mit dem männlichen Zeugungskörper, dem befruchtenden Samen (Sperma), zur Entwickelung befähigt wird. Durch die materielle Verbindung der beiderlei Geschlechtsproducte, die wirkliche chemische Mischung der beiden verschiedenen Stoffe, wird die gemischte Uebertragung der Eigenschaften von beiden Eltern auf das Kind bedingt, welche ebenso für die geschlechtliche Zeugung charakteristisch, wie für die Vererbungsgesetze von der grössten Wichtigkeit ist.

I. Ungeschlechtliche Fortpflanzung.

(Monogonia. Generatio monogenea.)

Die ungeschlechtliche oder monogene Zeugung (Monogonie) ist dadurch charakterisirt, dass das Wachsthumsproduct des elterlichen Organismus selbstständig entwickelungsfähig ist, ohne der Befruchtung, der Vermischung mit einem anderen Wachsthumsproducte zu bedürfen. Sie ist auch als Spaltung (Fissio) bezeichnet worden, weil der entwickelungsfähige Theil des Individuums, welcher sich zu einem neuen Individuum entwickelt, sich früher oder später von dem ersteren abspaltet, und durch diese unvollständige oder vollständige Spaltung selbstständig wird. Indessen scheint es passender, den Begriff der Spaltung auf die beiden Formen der monogenen Fortpflanzung, welche man als Theilung und Knospenbildung bezeichnet, zu beschränken, da die dritte Hauptform derselben, die Sporenbildung, ebenso wie die Bildung der Geschlechtsproducte, mehr auf einer inneren Aussonderung eines einzelnen Wachsthumsproductes, als auf einer eigentlichen äusseren Spaltung des ganzen Individuums beruht. Wir können also allgemein zunächst zwei Hauptgruppen unter den verschiedenen monogenen Fortpflanzungsformen unterscheiden, nämlich I) die Spaltung oder Schizogonie (Fission) und II) die Keimbildung oder Sporogonie. Bei der ersteren (Selbsttheilung und Knospenbildung) bleibt das Wachsthumsproduct entweder dauernd mit dem elterlichen Individuum in Verbindung, oder es löst sich (meist äusserlich) von dem parentalen Organismus erst ab, nachdem es schon eine grössere oder geringere Selbstständigkeit und Ausdehnung erlangt hat. Meist entspricht dasselbe bereits einem differenzirten Plastidencomplexe, wenn die Abspaltung erfolgt. Bei der Sporogonie dagegen sondert sich das Wachsthumsproduct (meist innerlich) schon frühzeitig von dem elterlichen Organismus

ab, ehe es sich selbstständig entwickelt hat, und stellt zur Zeit der Ablösung meist eine einfache Plastide dar. In dieser Beziehung erscheint also die Spore oder Keimplastide nicht sowohl als Spaltungs-, wie als Absonderungsproduct des elterlichen Organismus, und schliesst sich vielmehr den ebenfalls abgesonderten Geschlechtsproducten an, denen sie auch in ihren Entwickelungs- und besonders in den Vererbungserscheinungen oft näher verwandt ist. Da nämlich die Continuität zwischen elterlichem und kindlichem Organismus bei der Theilung und Knospenbildung inniger ist und längere Zeit hindurch fortdauert, als bei der Sporenbildung und geschlechtlichen Zeugung, so werden auch bei der ersteren die individuellen Eigenschaften des elterlichen Organismus genauer und strenger auf das kindliche Individuum übertragen, als bei der letzteren [1]).

A. Ungeschlechtliche Zeugung durch Spaltung.

(Generatio fissipara. Fissio. Schizogonia.)

Die Monogonie durch Spaltung (Fissio) ist dadurch charakterisirt, dass das Wachsthumsproduct sich (meistentheils äusserlich) vom elterlichen Organismus entweder überhaupt gar nicht oder erst dann ablöst, nachdem dasselbe bereits eine im Verhältniss zu letzterem beträchtliche Ausdehnung und morphologische Differenzirung erhalten hat. Bei den polyplastiden Organismen stellt dasselbe zur Ablösungszeit bereits eine Mehrheit von Plastiden dar. Die beiden Hauptformen, welche man unter den verschiedenen Modificationen der Spaltung unterscheidet, sind I) die Selbsttheilung oder Divisio und II) die Knospenbildung oder Gemmatio. Bei der Selbsttheilung ist das die Fortpflanzung einleitende Wachsthum des Individuums ein totales und es zerfällt dasselbe bei der Spaltung in seiner Totalität, so dass die Theilungsproducte gleichwerthig sind. Bei der Knospenbildung dagegen ist es ein einzelner Körpertheil des Individuums, welcher durch bevorzugtes Wachsthum zur Bildung einer neuen Individualität (Knospe)

---

[1]) Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet könnte es sogar passender erscheinen, als die beiden Hauptformen der Tocogonie nicht die geschlechtslose und geschlechtliche Fortpflanzung, sondern die Fortpflanzung durch Abspaltung (Fissio) und durch Absonderung (Secretio) zu unterscheiden. Für die erstere würde man als das Kriterium entweder die Theilung des Organismus in seiner Totalität oder die Ablösung eines Plastiden-Complexes hinstellen müssen, für die letztere die Ablösung einer einzelnen Plastide. Es würden dann also unter der Tocogonie folgende Modificationen zu unterscheiden sein:

I. Spaltung (Fissio):
 1) Selbsttheilung (Divisio);
 2) Knospenbildung (Gemmatio).

II. Keimabsonderung (Secretio):
 1) Einfache oder Ungeschlechtliche Keimbildung (Sporogonia);
 2) Zweifache oder Geschlechtliche Keimbildung (Amphigonia).

führt, und diese trennt sich dann von dem elterlichen Individuum unvollständig oder vollständig, ohne dass dessen eigene Individualität dadurch vernichtet wird. Es sind also die beiden Spaltungsproducte hier ungleichwerthig.

Aa. Die Selbsttheilung oder Division.

(Generatio scissipara sive divisiva. Divisio. Scissio.)

Die Selbsttheilung wird eingeleitet durch ein allseitiges Wachsthum des Individuums, welches bei Ueberhandnahme desselben in seiner Totalität zerfällt und durch den Theilungsprocess selbst vernichtet wird. Die Theilungsproducte sind von gleichem Alter, also coordinirt, und auch ihrer morphologischen Bedeutung nach meistens vollkommen oder doch annähernd gleichwerthig. Aeusserlich beginnt der Theilungsprocess mit der Bildung einer ringförmigen Furche an der Körperoberfläche, welche tiefer und tiefer greift und endlich oft mit der Bildung einer vollständigen Theilungsebene durchschneidet. Indessen geht dieser äusserlichen Abschnürung immer als wesentliches Moment des Processes die Bildung zweier neuen Wachsthumscentra in dem decentralisirten Individuum vorher. Sehr oft kommt auch die Theilung äusserlich gar nicht als Furchung oder Abschnürung zur Erscheinung, während sie doch dadurch in gewisser Hinsicht vollständig wird, dass sich eine heterogene Scheidewand zwischen den beiden homogenen Hälften ausbildet. Dies ist insbesondere sehr allgemein bei der Selbsttheilung der Plastiden der Fall, welche zu Parenchym mit einander verbunden bleiben.

Man unterscheidet gewöhnlich vollständige Theilung (Divisio completa), bei welcher die aus der Theilung entstehenden kindlichen Individuen sich gänzlich von einander trennen, und unvollständige Theilung (Divisio incompleta), bei welcher dieselben zu Individuencomplexen oder Synusieen vereinigt bleiben. Letztere ist ausserordentlich wichtig, da auf ihr meistens die Bildung der Individuen höherer Ordnung beruht. Ausserdem pflegt man noch, je nach der verschiedenen Richtung der Theilungsebene zum Körper, Längstheilung und Quertheilung zu unterscheiden. Da eine schärfere Unterscheidung dieser Formen, als bisher üblich war, für verschiedene Entwickelungsverhältnisse von hoher Bedeutung ist, so wollen wir auf dieselben hier etwas näher eingehen.

Zunächst erscheint uns hier besonders wichtig der bisher nicht berücksichtigte Unterschied zwischen der Zweitheilung (Dimidiatio), wobei das Individuum in zwei gleiche Hälften, und der Strahltheilung (Diradiatio), bei welcher dasselbe in drei oder mehr gleiche Stücke zerfällt. Die letztere theilen wir wieder ein in paarige (artia) und unpaarige Diradiation (anartia).

I. Die Zweitheilung.
(Divisio bifida sive Dimidiatio.)

Um die verschiedenen, gewöhnlich nur als longitudinale und transversale Theilung unterschiedenen Zweitheilungs-Formen schärfer zu umschreiben, ist es nothwendig, auf die Promorphologie der Individuen zurückzugehen. Das Bestimmende für die Unterscheidung und Bezeichnung der verschiedenen Zweitheilungs-Modificationen finden wir in dem Verhältniss der Theilungsebenen zu der Hauptaxe und zu den Kreuzaxen. Wir können in dieser Beziehung vier verschiedene Modificationen unterscheiden, nämlich 1) die Stücktheilung, 2) die Längstheilung, 3) die Quertheilung, 4) die Diagonaltheilung.

1. Die Stücktheilung.
(Divisio indefinita sive Partitio.)

Die Stücktheilung kommt allgemein bei denjenigen Individuen vor, welche ihrer Grundform nach zu den Anaxonien gehören, bei denen also die Körperform überhaupt nicht zu bestimmen und eine deutliche Axe nicht ausgesprochen ist. Wir finden dies bei vielen Protisten und bei vielen Organen und Plastiden der höheren Thiere und Pflanzen vor. Hier wird also dann der Charakter der Theilung, der sie von der Knospung unterscheidet, wesentlich darin zu finden sein, dass die Masse der beiden formlosen Spaltungsproducte gleich oder doch nahezu gleich ist. Die Theilungsebene ist hier vollkommen unbestimmt, da keine eigentliche Axe vorhanden ist, zu der sie eine bestimmte Beziehung besitzen könnte. Wenn das formlose Individuum eine kernhaltige Zelle ist, so wird der Theilungsprocess zugleich dadurch charakterisirt sein, dass jedes der beiden Theilstücke die Hälfte des vorher getheilten Kernes erhält. Dieselbe Stücktheilung oder Partition ist ferner der ausschliessliche Theilungsmodus bei den vollkommen regelmässigen Grundformen, den Homaxonien (Kugeln), sowie bei den Polyaxonien, bei denen mehrere gleiche Hauptaxen vorhanden sind.

2. Die Längstheilung.
(Divisio longitudinalis sive Dichotomia.)

Die Längstheilung findet sich sehr häufig vor bei denjenigen Individuen, deren Grundform eine deutlich ausgesprochene Hauptaxe (Längsaxe) besitzt (Protaxonien). Die Theilungsebene fällt hier stets mit der Längsaxe zusammen. Bei den Zeugiten (allopolen Stauraxonien), bei denen die beiden Richtaxen verschieden sind, fällt die Theilungsebene ausserdem zugleich mit der Dorsoventralaxe zusammen, so dass dieselbe durch diese beiden Axen fest bestimmt wird; der Körper zerfällt bei diesen daher durch die Theilung in eine rechte und linke Hälfte. Die Dichotomie oder Längstheilung ist sehr verbreitet

unter denjenigen Plastiden, welche eine deutliche Längsaxe haben (z. B. die regulären Cylinder-Zellen, Kegel-Zellen etc.). Aber auch bei Individuen höherer Ordnung ist sie in gewissen Abtheilungen sehr häufig, besonders bei den Personen der Anthozoen (bei den Madreporarien und den Zoantharien überhaupt, vorzüglich aber bei den Turbinoliden und Astraeiden). Unter den Infusorien ist sie besonders bei den Vorticellinen und Ophrydinen verbreitet (jedoch hier neuerdings theilweis als Copulation gedeutet). Unter den Thallophyten ist unvollständige Längstheilung oder Dichotomie ebenfalls sehr häufig; unter den Phanerogamen dagegen scheint dieselbe nur als Monstrosität vorzukommen, als die sogenannte Fasciation; eine ihrer eigenthümlichsten Formen (den Maeandrinen sehr ähnlich) findet sich bei *Celosia cristata*. Die allgemeinste und oft selbst ausschliessliche Form der Fortpflanzung ist die Längstheilung bei den Diatomeen; auch bei vielen anderen Protisten, z. B. Flagellaten, und niederen Algen ist sie häufig. Wenn die Halbirung unvollständig ist, führt sie in vielen Fällen zur Bildung von sehr regelmässig gabelspaltigen Colonieen, z. B. bei den Vorticellinen, Gomphonemen, Cocconemen etc., ferner bei den genannten Anthozoen, und bei der Fasciation der Phanerogamen.

3. Die Quertheilung.
(Divisio transversa sive Articulatio divisiva.)

Dieser Theilungsmodus ist, wie der vorige, sehr verbreitet bei denjenigen Individuen, deren Grundform durch eine deutliche Längsaxe oder Hauptaxe bestimmt ist (Protaxonien). Die Theilungsebene steht hier immer senkrecht auf der Längsachse. Bei den Zeugiten, bei denen die beiden Richtaxen verschieden sind, fällt die Theilungsebene ausserdem zugleich mit der Lateralaxe zusammen oder läuft ihr parallel. Der Körper zerfällt durch die Quertheilung stets in eine vordere und hintere Hälfte. Dieser Theilungsmodus kommt gleich dem vorigen sehr häufig bei den Plastiden vor, deren Grundform protaxon ist. Bei sehr zahlreichen Protisten, niederen Pflanzen (Algen, Nematophyten) und Thieren (Infusorien, z. B. die Ophryoscolecinen, *Halteria;* selten bei Würmern) entstehen durch vollständige Quertheilung neue Bionten. Nicht minder wichtig ist die unvollständige Quertheilung, welche häufig zur Entstehung von Individuen vierter Ordnung, von Metameren, Veranlassung giebt. Gewöhnlich wird sie hier kurzweg als Articulation oder Gliederung bezeichnet und ist oft sehr schwer zu unterscheiden von der terminalen Knospenbildung, durch welche z. B. die Wirbelsegmente des Vertebraten-Rumpfs, die Zoniten der Articulaten und vieler Coelenteraten, die Stengelglieder der Phanerogamen u. s. w. entstehen. Bisweilen sind hier lebhafte Streitigkeiten darüber geführt worden, ob die Zeugung der Metameren als Quer-

theilung oder als Terminalknospenbildung zu betrachten sei, so z. B. bei den Naiden, wo auch die Ablösung der Metameren-Ketten, die sich zu selbstständigen Personen entwickeln, von den einen (z. B. Max Schultze) als Quertheilung, von den anderen (z. B. Leuckart) als Knospenbildung gedeutet worden ist. In beiden Fällen ist das Wesentliche des Processes ein überwiegendes Wachsthum in der Richtung der Längsaxe, welches entweder durch äussere Bildung eines queren Spaltes oder durch innere Bildung einer queren Scheidewand zur Abgliederung der beiden Metameren führt. Findet das Wachsthum des Metameres an beiden Polen der Längsaxe statt und zerfällt dasselbe in seiner Totalität in zwei gleichwerthige neue Glieder, so haben wir den Spaltungsprocess als Quertheilung aufzufassen. Findet dagegen das Wachsthum des Metameres nur an einem Pole seiner Längsaxe statt, so verhält sich das jüngere Wachsthumsproduct gegenüber dem ungleichwerthigen älteren Hauptstücke als Knospe, und der Spaltungsprocess muss dann als terminale Knospenbildung aufgefasst werden. In beiden Fällen ist es gleichgültig für diese Auffassung, ob die Spaltung der beiden Glieder eine vollständige oder unvollständige ist, worauf man früher zu viel Werth legte. Durch fortgesetzte unvollständige Abspaltung von Metameren entstehen Metameren-Ketten vom Werthe der Personen, sowohl bei bipolarem Wachsthum (Quertheilung), als bei unipolarem Wachsthum (Terminalknospenbildung).

4. Die Schieftheilung.
(Divisio diagonalis sive obliqua.)

Dieser Theilungsmodus scheint der am wenigsten verbreitete von allen zu sein und ist bisher an freien Bionten nur sehr selten, nur bei wenigen niederen Pflanzen (einigen einzelligen Algen), Protisten (z. B. *Chlorogonium*) und Infusorien (z. B. *Lagenophrys*) beobachtet worden. Sie unterscheidet sich von allen anderen dadurch, dass sich die Theilungsebene unter einem bestimmten schiefen Winkel mit der Längsaxe kreuzt. Bei *Chlorogonium* findet dieselbe gleichzeitig wiederholt an einem und demselben Individuum statt und es liegen hier die verschiedenen Theilungsebenen einander parallel. Häufiger findet sich Diagonaltheilung unter den Plastiden des Pflanzen-Parenchyms vor, wo die Scheidewandbildung zwischen zwei sich theilenden Zellhälften oft unter einem ganz constanten schiefen Winkel gegen die Längsaxe der Zelle gerichtet ist. Viel seltener, als im Gewebe der Pflanzen, ist im Parenchym der Thiere dieser Winkel so constant, dass er sich mit mathematischer Sicherheit bestimmen lässt, so z. B. bei den Knorpelzellen, welche in den sogenannten „fächerig gebauten" Tentakeln vieler Medusen reihenweise hinter einander liegen.

II. Die Strahltheilung.
(Divisio radiālis sive Diradiatio.)

Die Strahltheilung der Individuen oder die Diradiation halten wir für einen äusserst wichtigen und sowohl von den vorher aufgeführten Theilungsformen als von der Knospenbildung wesentlich verschiedenen Theilungsprocess, der aber bisher als solcher, wenigstens in seiner allgemeinen Bedeutung, nicht gewürdigt ist. Es beruht darauf die Bildung der meisten sogenannten „strahligen oder radiären" Formen, also die charakteristische Form der Blüthenknospen (Personen) bei den allermeisten Phanerogamen, der Personen bei den sogenannten Strahlthieren (Coelenteraten und Echinodermen) etc. Wir haben im vierten Buche gesehen, dass die charakteristische Form aller dieser strahligen oder „regulären" Formen darauf beruht, dass der individuelle Körper aus mehr als zwei, mindestens drei Antimeren zusammengesetzt ist, welche sich in der Hauptaxe (Längsaxe) berühren. Die Axen, welche in der Mitte der Antimeren, senkrecht auf der Hauptaxe verlaufen, haben wir radiale Kreuzaxen genannt. Der Theilungsprocess durch Diradiation besteht nun im Wesentlichen darin, dass ein nur mit einer Hauptaxe versehener Körper (eine Protaxonform) sich in mehr als zwei, mindestens drei gleiche Stücke theilt, welche sich in der Hauptaxe berühren. Die Mittellinien dieser Theilstücke sind die Strahlaxen. Es bildet sich hier also nicht, wie bei allen vorigen Theilungsformen, eine einzige Theilungsebene, sondern es **entstehen hier stets mehrere, mindestens zwei Theilungsebenen, welche mit der Längsaxe zusammenfallen.** Dadurch, dass die Längsaxe in die Theilungsebene fällt, schliesst sich die Strahltheilung an die Längstheilung an, welche gewissermaassen den einfachsten Fall derselben darstellt. Die Strahltheilung entfernt sich aber von der Längstheilung und allen anderen Theilungsarten dadurch, dass durch den Theilungsprocess nicht zwei, sondern drei oder mehrere Theilstücke entstehen, welche man allgemein als Strahlstücke (Partes radiales) oder **Actinomeren** bezeichnen kann. Wenn die Strahltheilung ein Individuum vierter oder fünfter Ordnung betrifft, so nennen wir die Strahlstücke **Antimeren** oder Gegenstücke; wenn sie ein Individuum zweiter oder erster Ordnung betrifft, so bezeichnen wir sie als **Parameren** oder Nebenstücke. So entstehen z. B. als Antimeren durch Diradiation einer Person die sogenannten „Kreisglieder" der Blüthensprosse bei den meisten Phanerogamen, die „Radialsegmente" vieler Echinodermen und der gegliederten Coelenteraten (vieler Anthozoen etc.). Ebenso entstehen als Antimeren durch Diradiation eines Metamers die Radialsegmente von Stengelgliedern bei Phanerogamen mit kreuzständigen oder wirtelständigen Blättern. Parameren, welche durch Diradiation eines Organs entstehen,

sind z. B. die einzelnen Blätter eines zusammengesetzten handförmigen oder palmatifiden Blattes, die einzelnen fünf Zehen des Wirbelthier-Fusses. Parameren, welche durch Diradiation einer Plastide entstehen, sind die einzelnen divergirenden Fortsätze vieler strahlender oder sternförmiger Zellen (z. B. Pflanzenhaare, einzellige Algen). Die Diradiation ist meistens eine mehr oder minder unvollständige, so dass die Radialtheile beisammen bleiben. Seltener ist sie vollständig, d. h. mit Ablösung der Strahltheile verbunden.

Wie wir unter der Zweitheilung oder Dimidiation die vier verschiedenen Formen der Stück-, Längs-, Quer- und Diagonaltheilung je nach der verschiedenen Lage der Theilungsebene zu den Körperaxen unterschieden haben, so können wir auch nach demselben Princip zwei verschiedene Arten der Strahltheilung unterscheiden, nämlich die paarige oder unpaare Diradiation.

1. Die paarige Strahltheilung.
(Diradiatio artia s. par.)

Die paarige oder artische Strahltheilung besteht darin, dass an einem protaxonien (sehr häufig z. B. konischen oder eiförmigen) Individuum, also einem Körper mit einer Hauptaxe (Längsaxe) sich gleichzeitig zwei oder mehrere mit der Hauptaxe zusammenfallende (meridianale) Theilungsebenen bilden, welche durch den ganzen Körper (in der Richtung von Kreuzaxen) hindurchgehen. Es zerfällt also der Körper in doppelt so viel Antimeren (oder Parameren), als Theilungsebenen vorhanden sind. Jede Theilungsebene ist hier vollständig interradial und fällt mit der Längsaxe und mit einer Zwischenstrahlaxe zusammen, während in der Mitte der Antimeren (oder Parameren), die dadurch entstehen, die Strahlaxen verlaufen. Mithin entstehen durch paarige oder artische Diradiation allgemein diejenigen Formen, welche wir als isopole Homostauren und autopole Heterostauren bezeichnet haben, alle strahligen Formen, deren homotypische Grundzahl paarig (2 n) ist. Es gehören also hierher die Personen-Formen der allermeisten Coelenteraten, insbesondere alle Ctenophoren, die meisten Hydromedusen und Anthozoen, ferner diejenigen Blattsprosse (ungeschlechtliche Prosopen) und Blüthensprosse (geschlechtliche Prosopen) der Phanerogamen, welche eine paarige Grundzahl haben, also z. B. die vierkantigen Stengel mit kreuzständigen oder gegenständigen Blättern, die Blüthen mit 4 Antimeren (Cruciferen) und überhaupt mit 2 n Antimeren. Die Differenzirung der gleichartigen radialen Theile (Antimeren oder Parameren), welche sich in der Hauptaxe berühren, kann hier deshalb allgemein als Strahltheilung bezeichnet werden, weil das Individuum in derselben mehr oder weniger vollständig aufgeht.

2. Die unpaare Strahltheilung.
(Diradiatio anartia s. impar.)

Die unpaare oder anartische Strahltheilung ist der vorigen dadurch entgegengesetzt, dass an einem protaxonien (z. B. kegelförmigen oder eiförmigen) Individuum sich gleichzeitig drei oder mehrere mit der Hauptaxe zusammenfallende (meridianale) Theilungsebenen bilden, welche (in der Richtung der Kreuzaxen) nur durch den halben Körper hindurchgehen. Es zerfällt also der Körper in eben so viel Antimeren (oder Parameren), als Theilungsebenen vorhanden sind. Jede Theilungsebene ist hier halb radial, halb interradial, und fällt mit der Längsaxe und mit einer Halbstrahlaxe zusammen. Die wirkliche Theilung findet nur in der interradialen Hälfte der Theilungsebene statt, während die radiale Hälfte derselben die Mitte eines Antimeres (oder Parameres) bildet. Mindestens drei Theilungsebenen sind hierzu erforderlich. Es entstehen durch diese unpaare oder anartische Diradiation allgemein diejenigen Formen, welche wir als anisopole Homostauren, als Pentamphipleuren etc. bezeichnet haben, alle strahligen Formen, deren homotypische Grundzahl unpaar (2n — 1) ist. Es gehören also hierher die Personen-Formen der allermeisten Echinodermen (Pentamphipleura), der dreistrahligen Radiolarien (Triamphipleura), ferner diejenigen Blattsprosse und Blüthensprosse der Phanerogamen, welche eine unpaare Grundzahl haben, z. B. die Blattsprosse mit dreikantigem Stengel, die Blüthen mit 3 Antimeren (die meisten Monocotyledonen), mit 5 Antimeren (die meisten Dicotyledonen) und überhaupt alle Prosopen mit 2n — 1 Antimeren.

Ab. Die Knospung oder Knospenbildung.
(Generatio gemmipara. Gemmatio.)

Die Knospenbildung oder Gemmation als die zweite Hauptform der Spaltung oder Fission ist, wie oben bemerkt, wesentlich dadurch von der Selbsttheilung verschieden, dass sie durch ein einseitiges (nicht allseitiges) Wachsthum des Individuums eingeleitet wird und dass daher bei der Abspaltung des einseitig gewucherten Theiles die Individualität des Ganzen nicht zerstört wird, sondern vielmehr erhalten bleibt. Die Knospungsproducte sind also von ungleichem Werthe und es ist von Anfang an das elterliche Individuum von dem kindlichen, welches als Knospe aus ihm hervorwächst, verschieden. Die beiden Spaltungsproducte sind bei der Knospung von verschiedenem Alter, bei der Theilung von gleichem Alter. Bei der letzteren spaltet sich das Individuum in zwei oder mehrere coordinirte, bei der ersteren in zwei oder mehrere subordinirte Theile. Der durch bevorzugtes partielles Wachsthum ausgebildete kindliche Organismus

oder die Knospe ist dem elterlichen knospenden Individuum untergeordnet, wenn er auch denselben Grad morphologischer Ausbildung erreicht.

Wie bei der Theilung unterscheidet man auch bei der Knospung gewöhnlich nach der verschiedenen Dauer des Zusammenhanges zwischen beiden Spaltungsproducten zwei Gemmationsarten: die vollständige Knospenspaltung (Gemmatio completa), bei welcher das kindliche Individuum, die Knospe, sich vollständig von dem elterlichen ablöst, und die unvollständige Knospenspaltung (Gemmatio incompleta), bei welcher dieselben als Individuenstock oder Synusie vereinigt bleiben. Die letztere kommt in ausserordentlich mannichfaltiger Form zur Ausführung, besonders im Pflanzenreiche und bei den Coelenteraten, wo die charakteristische Form der Cormen grösstentheils durch die Form der unvollständigen Knospenspaltung bedingt wird.

Der Begriff der Knospe (Gemma) ist ein streng physiologischer (so gut als der irgend eines anderen Spaltungsproductes) und bedeutet stets ein physiologisches Individuum (Bion), welches von einem vorher bestehenden elterlichen Individuum durch den soeben geschilderten Spaltungsprocess, die Knospenbildung oder Gemmation, erzeugt wird. Es ist sehr wichtig, diese einzig durchführbare scharfe Bestimmung des Begriffs „Knospe“ streng festzuhalten, und ebenso sie bestimmt zu unterscheiden von dem rein morphologischen Begriff des Sprosses (Blastos), welcher sehr häufig, besonders in der Botanik, damit verwechselt wird. Durch diese Verwechselung der beiden ganz verschiedenen Begriffe, welche beide einen scharf bestimmten Umfang und Inhalt haben, ist schon unendliche Verwirrung angerichtet worden. Der Spross ist von der Knospe ebenso verschieden, wie die Zelle, oder wie der Stock. Der Spross oder Blastos ist, wie wir im neunten Capitel festgestellt haben, das morphologische Individuum fünfter Ordnung, die Person oder das Prosopon; bei den Thieren meistens als das „eigentliche Individuum“, bei den Pflanzen bald als Spross, bald als Knospe bezeichnet. Die Knospe (Gemma) dagegen kann als physiologisches Individuum (Bion) von den morphologischen Individuen aller sechs Ordnungen vertreten werden. Durch Knospung entstehen nicht allein die meisten Sprosse, sondern auch die meisten Stöcke, die meisten Organe (z. B. Blätter, Extremitäten), sehr viele Zellen und Cytoden. Alle diese Form-Individuen verschiedenen Ranges können mit Rücksicht auf ihre Entstehung als Knospen (Gemmae) bezeichnet werden.

Als die verschiedenen Hauptformen der Knospen werden in der Botanik allgemein die drei Formen der Terminalknospen, Axillarknospen und Adventivknospen unterschieden. Wichtiger ist die in der Zoologie gebräuchliche Unterscheidung der äusseren und inneren Knospenbildung, je nachdem die Knospen äusserlich auf der Oberfläche, oder innerlich in einem Hohlraum des elterlichen Individuums entstehen.

den sich aber wesentlich dadurch, dass bei der Quertheilung, die z. B. bei Infusorien und Algen sehr häufig ist, das Individuum als Ganzes (nach beiden Polen der Längsaxe hin, nach vorn und nach hinten) wächst und in seiner Totalität zerfällt, während bei der Terminalknospenbildung ein einzelner Endtheil des Individuums (nach einem Pole der Längsaxe hin, nach vorn oder nach hinten) wächst und sich als kindliches Individuum von dem elterlichen abgliedert. Beide Spaltungsproducte sind also dort coordinirt und von gleichem Alter; hier dagegen ist die jüngere Endknospe dem älteren elterlichen Individuum subordinirt. Beide Processe, Endknospenbildung und Quertheilung, sind also wesentlich verschieden, und das einzige Gemeinsame zwischen Beiden ist lediglich die sogenannte Gliederung, d. h. die senkrechte Stellung der Längsaxe auf der idealen oder realen Spaltungsebene. Wie man daher die Quertheilung als „Gliederung durch Theilung" bezeichnet hat, so kann man die Terminalknospenbildung „Gliederung durch Knospung" nennen. Bei der ersteren, der „Articulatio divisiva", wird das Individuum als solches vernichtet, indem es durch den Theilungsprocess in zwei neue Individuen zerfällt. Bei der letzteren dagegen, der „Articulatio gemmascens", bleibt das elterliche Individuum neben der erzeugten Knospe fortbestehen.

Die Terminalknospenbildung hat sowohl im Thierreiche als im Pflanzenreiche eine sehr ausgedehnte Geltung. Es beruht darauf meistens die Erscheinung der sogenannten „Gliederung" (Articulatio, Segmentatio, Catenatio), da die Articulatio gemmascens viel häufiger ist, als die Articulatio divisiva. Wenn die Abspaltung der Knospe unvollständig ist, so entsteht dadurch die charakteristische Form der Ketten (Catenae) oder gegliederten Rumpfe und Stengel (Trunci, Caules). Die einzelnen beisammenbleibenden Endknospen können dann allgemein als Kettenglieder oder Stengelglieder (Internodia) bezeichnet werden. Die terminale Gemmation kann, wie die laterale, bei Individuen aller Ordnungen vorkommen. So entstehen z. B. bei vielen Algen durch Endknospenbildung von Plastiden einfache, einreihige Zellenketten. So entstehen durch Endknospenbildung von Organen echte Organketten, wie sie z. B. die „gegliederten" Extremitäten der Wirbelthiere und Gliederfüsser, die „gefiederten" Blätter der Phanerogamen und Farrne darstellen, und wir bezeichnen in diesem Falle die Kettenglieder als Hinterstücke oder Epimeren. Solche vollkommen analoge (nicht homologe!) Epimeren sind z. B. die drei Abschnitte der Wirbelthier-Extremitäten, die fünf Abschnitte der Gliederfüsser (Coxa, Trochanter, Femur, Tibia, Tarsus), die einzelnen Fiederpaare der gefiederten Blätter etc. Bei weitem die grösste Bedeutung hat aber die unvollständige Endknospenbildung als der gewöhnliche und hauptsächliche Entstehungsmodus der Fol-

Personen der Wirbelthiere, der Arthropoden, der höheren Würmer; ebenso die gegliederten Prosopen (Sprosse) der Phanerogamen. Ebenso entstehen durch Beisammenbleiben von lateralen Knospen, nämlich hervorgeknospten Personen, z. B. die verzweigten Stöcke (Cormen) der Phanerogamen („zusammengesetzte Pflanzen") und der ihnen so ähnlichen Coelenteraten. Vollständige äussere Knospenbildung (Gemmatio externa completa), d. h. vollständige Ablösung der Knospen, ist viel seltener, und findet sich z. B. bei knospentreibenden Plastiden, bei hervorgeknospten Organen (z. B. *Hectocotylus* der Cephalopoden, Dorsallappen von *Thetis*), bei den durch terminale Knospung entstandenen Metameren der Cestoden (Proglottiden) und den ebenso entstandenen Personen der Naiden und anderer Anneliden; ferner bei den durch laterale Knospung entstandenen Infusorien und Medusen, und „Brutknospen" (Bulbi und Bulbilli) der Pflanzen, welche den morphologischen Werth von Personen haben oder sich doch bald nach ihrer Ablösung zu solchen entwickeln (z. B. *Mnium androgynum* unter den Moosen, *Asplenium bulbiferum* unter den Farrnen, *Lilium bulbiferum* unter den Monocotyledonen, *Dentaria bulbifera* unter den Dicotyledonen).

Der wichtigste Unterschied, welchen die verschiedenen Formen der äusseren Knospenbildung darbieten, besteht darin, dass die Hauptaxe (Längsaxe) der Knospe in der einen Reihe von Fällen mit der Hauptaxe des elterlichen Individuums zusammenfällt, in der anderen Reihe nicht. Erstere bezeichnen die Botaniker mit dem Namen der Terminalknospen, letztere mit dem Namen der Lateralknospen.

1. Die Endknospenbildung.
(Gemmatio terminalis.)

Unter Terminalknospen-Bildung (von vielen Zoologen irrthümlich als Axillarknospenbildung bezeichnet) verstehen wir ein für allemal die Bildung von Knospen (bei Individuen verschiedener Ordnung), deren Hauptaxe (Längsaxe) mit derjenigen des elterlichen Individuums zusammenfällt[1]). Die ideale oder reale Spaltungsebene steht hier senkrecht auf der Hauptaxe, welche beiden Individuen, dem zeugenden und dem erzeugten, gemeinsam ist. Durch diesen Charakter stimmt die Terminalknospenbildung mit der Quertheilung (Divisio transversa) überein, mit welcher sie daher sehr oft verwechselt worden ist, besonders in der Zoologie. Die beiden Spaltungsformen unterschei-

[1]) Häufig ist allerdings das durch terminale Knospung entstandene Glied (z. B. bei den „geknieten", d. h. knieförmig gebogenen Stengeln vieler Phanerogamen, caules geniculati) unter einem bestimmten Winkel gegen das vorhergehende elterliche Glied geneigt, was indessen nur secundäre Folge eines alternirend ungleichstarken Wachsthums auf entgegengesetzten Seiten ist. Ursprünglich ist auch hier jedes neue Glied die unmittelbare Verlängerung des vorhergehenden und aus dem einen Pole seiner Längsaxe hervorgewachsen.

zweiter Ordnung insbesondere bei den höheren Thieren viele innere und äussere Organe, bei den Coelenteraten und Pflanzen die meisten Organe (Tentakeln der Coelenteraten, Blätter der Pflanzen); durch seitliche Knospung entstehen bei den Coelenteraten und Pflanzen als Individuen fünfter Ordnung die meisten Sprosse (Blasti), welche nicht der Amphigonie oder der Theilung ihren Ursprung verdanken; durch seitliche Knospenbildung entstehen endlich bei den Coelenteraten und Pflanzen als Individuen sechster Ordnung die allermeisten Stöcke (Cormi).

Die Botaniker theilen die Lateralknospen fünfter Ordnung (Sprosse oder Blasten) ein in Axillarknospen [1]) (Gemmae axillares), welche in der Achsel eines Blattes sich bilden, und in Nebenknospen oder Adventivknospen (Gemmae adventitiae), welche nicht in einer Blattachsel, sondern irgendwo frei an der lateralen Peripherie des Stengels sich bilden. Aehnliche untergeordnete Modificationen der lateralen Knospenbildung sind mehrfach von den Zoologen (bei den Coelenteraten) unterschieden worden, aber meistens in so unlogischer und unbestimmter Weise, dass es nicht lohnt, sie hier aufzuführen.

II. Die innere Knospenbildung.
(Gemmatio interna.)

Die innere Knospenbildung ist viel seltener als die äussere und findet sich vorzüglich bloss bei niederen Thieren vor. Sie ist aber morphologisch von besonderem Interesse als Uebergang von der Spaltung zur Sporenbildung, und selbst zur geschlechtlichen Zeugung. Die Knospe entsteht hier im Inneren des elterlichen Individuums in einer besonderen Höhle (bei den Salpen in der Kiemenhöhle, bei den Medusen [Geryoniden, Aeginiden] in der Magenhöhle). Die Knospe wächst aus der Oberfläche der Wand dieser Höhle ganz ebenso in deren Lumen hinein, wie die äussere Knospe über die äussere Oberfläche des Körpers hervorwächst. Es erhebt sich hier über die innere Oberfläche zunächst ein kleines (meist kegelförmiges) Wärzchen, welches sich erst mit zunehmender Grösse in äusserer Form und innerer Zusammensetzung differenzirt. Während bei der äusseren Knospenbildung die unvollständige Ablösung der Knospe die Regel ist, finden wir sie hier nur als Ausnahme vor. Daher entstehen durch innere Knospung in der Regel keine bleibenden Stöcke. Wohl aber finden wir hier, umgekehrt wie bei der äusseren Knospung, den Knospungsprocess

---

[1]) In Leuckart's Artikel „Zeugung" in R. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie findet sich (S. 970) der in viele zoologische Schriften übergegangene Irrthum, dass die Terminalknospen (z. B. der Würmer) Axillarknospen oder „Axenknospen" seien. Der Terminus „axillaris" bedeutet aber gerade das Gegentheil, und ist nicht von Axe (Axis), sondern von Achsel (Axilla) abgeleitet.

in der Regel durch ein besonderes, lediglich diese Function erfüllendes Organ des elterlichen Individuums bewirkt, den sogenannten „inneren Knospenstock" oder „Knospenzapfen". Je nach dem Mangel oder der Anwesenheit dieses besonderen „Knospungs-Organes" können wir folgende zwei Formen der inneren Knospung unterscheiden.

1. Die innere Knospung ohne Knospenzapfen.
(Gemmatio coeloblasta.)

Die inneren Knospen wachsen aus der Wand einer inneren Körperhöhle (gewöhnlich der Magenhöhle oder eines anderen Abschnittes des Ernährungsapparats) hervor, ohne dass hier ein besonderes Knospungsorgan sich findet; so bei niederen Medusen, besonders Aeginiden (z. B. *Aegineta prolifera,* Gegenbaur).

2. Die innere Knospung an einem Knospenzapfen.
(Gemmatio organoblasta.)

Die inneren Knospen wachsen aus einem besonderen Knospungsorgane hervor, dem Knospenzapfen (Blastorganon), welcher aus der Wand einer inneren Körperhöhle (gewöhnlich eines Abschnittes des Ernährungsapparats) entsprosst. Bei den Salpen wächst dieser Knospenzapfen aus der Wand der Kiemenhöhle in diese hinein, bei den Geryoniden aus der Wand der Magenhöhle (als „Zungenkegel" oder „Zunge"). Bei den Salpen ist es die ungeschlechtliche solitäre Generation, welche an diesem Blastorgane ganze Reihen von geschlechtsreif werdenden Knospen erzeugt, die sich als sociale „Ketten-Generation" ablösen. Bei den Geryoniden ist es die geschlechtsreife *Carmarina hastata,* welche an dem Blastorgane (der Zunge) Trauben einer ganz verschiedenen Medusen-Art (*Cunina rhododactyla*) hervorbringt.

B. Ungeschlechtliche Zeugung durch Keimbildung.
(Generatio sporipara. Sporogonia.)

Die Sporogonie oder ungeschlechtliche Fortpflanzung durch Keime unterscheidet sich als die zweite Hauptart der Monogonie von der ersten, der Spaltung, wesentlich dadurch, dass das Wachsthumsproduct im Inneren abgesondert wird und schon sehr frühzeitig, ehe es entwickelt und differenzirt ist, von dem elterlichen Organismus sich ablöst. Die Trennung von demselben ist vollständig und erfolgt schon, ehe das locale Wachsthumsproduct eine im Verhältniss zum elterlichen Organismus irgend bedeutende Ausdehnung und morphologische Differenzirung erreicht hat. Von den vorher aufgeführten Formen der Monogonie steht die innere Knospenbildung der Sporogonie am nächsten. Allein dort erreicht die Knospe schon einen weit höheren Grad der

individuellen Entwickelung, ehe sie sich vom Eltern-Individuum ablöst. Es ist die physiologische Abhängigkeit des kindlichen vom parentalen Organismus bei der Knospenbildung eine grössere, als bei der Sporogonie, während die morphologische Abhängigkeit umgekehrt bei der letzteren grösser erscheinen kann, als bei der ersteren. Die selbstständige Centralisation der Spore ist viel bedeutender und beginnt viel früher, als es bei der Knospe der Fall ist. Ein wesentlicher Unterschied zwischen Beiden liegt auch darin, dass die innere Knospe in einer Höhle des parentalen Individuums, aber in Continuität mit deren Wand, sich entwickelt, während der Keim oder die Spore mitten im Parenchym desselben entsteht, durch Absonderung von der umhüllenden Parenchymmasse, mit welcher er nur in lockerer Contiguität bleibt. Es ist daher die Sporogonie auch weniger eine Abspaltung (Fissio) als vielmehr eine Absonderung (Secretio), und hierdurch schliesst sie sich, wie oben bemerkt, unmittelbar an die sexuelle Zeugung an, mit welcher sie durch die Parthenogenesis fast untrennbar verbunden ist. Die beiden Hauptformen der Sporogonie können wir als polyspore und monospore unterscheiden. Bei der ersteren ist das Absonderungsproduct zur Zeit, wo es sich vom parentalen Organismus vollständig ablöst, eine Mehrheit von Plastiden, bei der letzteren eine einzige Plastide.

I. Keimknospenbildung.

(Sporogonia polyspora. Polysporogonia.)

Das Wachsthumsproduct, welches bei der polysporen Sporogonie aus dem Inneren des zeugenden Individuums abgesondert wird, ist ein Plastiden-Complex, eine Einheit von mehreren innig verbundenen Individuen erster Ordnung, welche wir allgemein mit dem Namen der Polyspore bezeichnen können. Dieselbe schliesst sich unmittelbar an die mehrzelligen inneren Knospen an, von denen sie sich eigentlich nur entweder durch die frühzeitige Trennung (Absonderung) von dem elterlichen Parenchym oder durch einen geringeren Grad der Differenzirung unterscheidet, den sie bei der Ablösung vom parentalen Organismus darbietet. Man hat daher bei einigen Thieren diese innerlich erzeugten polyplastiden Keime auch wohl als „Brutknospen“ (Bulbilli) bezeichnet, welche aber nicht mit den gleichnamigen echten Knospen der Pflanzen zu verwechseln sind. Im Ganzen ist dieser Fortpflanzungsmodus selten. Er findet sich bei Infusorien und Würmern, besonders Trematoden vor, vielleicht auch bei den Coelenteraten. Auch die Gemmulae der Spongien müssen hierher gerechnet werden. Wenn das letztere, wie wir glauben, berechtigt ist, so können wir zwei verschiedene Formen der polysporen Sporogonie unterscheiden, nämlich eine progressive und eine regressive. Bei der progressiven Polysporogonie bilden sich die Polysporen im Laufe der aufsteigenden Entwicke-

lung (Anaplase) dadurch, dass mitten im Parenchym des sich entwickelnden Organismus einzelne Plastiden-Complexe sich absondern und zu selbstständigen Bionten ausbilden (Würmer, Infusorien). Bei der regressiven Polysporogonie dagegen entstehen die Polysporen im Laufe der absteigenden Entwickelung oder Rückbildung (Cataplase) dadurch, dass das Parenchym des bereits entwickelten, sich rückbildenden Organismus ganz oder theilweis in einzelne Plastiden-Complexe zerfällt, welche sich absondern und vom Neuen zu selbstständigen Bionten entwickeln.

1. Fortschreitende Keimknospenbildung.
(Polysporogonia progressiva.)

Diese anaplastische Art der polysporen Sporogonie findet sich in sehr ausgezeichneter Weise bei den Würmern und Infusorien, vielleicht auch bei den Coelenteraten. Wir rechnen dahin namentlich die Entstehung der Cercarien im Leibe der Sporocysten und Redien bei den Distomeen unter den Platyelminthen, ferner die Bildung der acinetenähnlichen Schwärmsprösslinge der Infusorien in denjenigen Fällen, in welchen dieselbe nicht auf geschlechtlichem Wege erfolgt. Auch die merkwürdige Entstehung der in einander geschachtelten Generationen von *Gyrodactylus elegans* kann hierher gerechnet werden. Alle diese Fälle stimmen darin überein, dass sich die Keimknospe oder Polyspore während der Entwickelung oder des Reifezustandes des elterlichen Organismus in seinem Parenchyme absondert. Sie entsteht in der Regel als ein kugeliger oder doch rundlicher Plastidencomplex, welcher zwar mit dem elterlichen Parenchym, von dem er umschlossen ist, durch innige Contiguität verbunden ist, aber doch schon von Beginn seiner Existenz an ein selbstständiges Ernährungs-Centrum, einen autonomen Wachsthumsmittelpunkt bildet. Dadurch unterscheidet sich die progressive Polyspore wesentlich von der inneren Knospe, welche noch längere Zeit nach ihrer ersten Entstehung in unmittelbarer Continuität mit dem elterlichen Individuum und dadurch in grösserer nutritiver Abhängigkeit von demselben verharrt.

2. Rückschreitende Keimknospenbildung.
(Polysporogonia regressiva.)

Dieser merkwürdige cataplastische Modus der polysporen Sporogonie ist bis jetzt ausschliesslich bei den Spongien bekannt, wo sich derselbe in der Bildung der sogenannten „Gemmulae" äussert. Zu bestimmten Zeiten lösen sich die amoeboiden Schwammzellen, welche das Skeletgerüst des Schwammes überziehen und seine Hohlräume auskleiden, von diesem Gerüste ab und sammeln sich in zahlreiche einzelne Gruppen. Jede dieser Zellengruppen encystirt sich, indem sie

sich mit einem kugeligen, festen, dickwandigen Gehäuse umgiebt, welches oft durch besondere Kieselbildungen (Amphidisken) gestützt ist. Da der ganze Schwamm als Bion durch diesen Encystirungsprocess seiner Theile vernichtet wird, so haben wir den ganzen Vorgang wesentlich als eine Cataplase, als einen Rückbildungsprocess zu betrachten. Derselbe ist aber unmittelbar mit der Production zahlreicher Polysporen verbunden. Denn als solche müssen wir zweifelsohne die „Gemmulae" auffassen. Nachdem dieselben längere Zeit (z. B. den Winter hindurch) in latentem Ruhezustande in ihren Cysten (den Gehäusen oder Schalen der Gemmulae) verharrt haben, kriechen sie durch einen besonderen Porus der Schale wieder hervor und überziehen entweder das alte abgestorbene Schwammgerüste, indem sie sich unter einander verbinden, oder jede Gemmula wächst selbstständig zu einem neuen Spongien-Bion heran.

II. Keimplastidenbildung.

(Sporogonia monospora. Monosporogonia.)

Das Wachsthumsproduct, welches bei der monosporen Sporogonie in dem Inneren des parentalen Organismus sich absondert, ist eine einzelne Plastide, ein Individuum erster Ordnung, welches schon seit lange mit dem Namen der Spore belegt ist; zwar wird sehr häufig eine grosse Anzahl solcher „Keimkörner" oder Keimplastiden, wie sie genauer heissen, gleichzeitig abgesondert; allein jede derselben entwickelt sich unabhängig von den anderen zu einem neuen Individuum, ohne sich mit ihnen zu einem Plastiden-Complexe zu verbinden. Die entwickelungsfähige Keim-Plastide oder Spore ist entweder eine Cytode oder eine Zelle. Eine Cytode (also eine kernlose Plastide) ist das sogenannte „Sommer-Ei" der Aphiden, Cocciden und Daphniden, die Spore vieler Protisten (Protoplasten, Rhizopoden etc.) und vieler niederer Pflanzen (Algen und Nematophyten). Eine Zelle (also eine kernhaltige Plastide) ist die Spore der meisten sporogonen Pflanzen und Thiere und vieler Protisten (z. B. Myxomyceten, Flagellaten etc.). Die Sporen entstehen entweder an unbestimmten Stellen im Parenchym des Körpers (bei Plastiden mitten im gesammten Protoplasma, so z. B. bei den Protoplasten, Acyttarien) oder an bestimmten Stellen, welche oft zu besonderen Organen differenzirt sind, den Sporenfrüchten oder Keimorganen (Sporocarpia).

Die Fortpflanzung durch Keimplastiden oder Sporen ist in der ganzen Organismenwelt sehr weit verbreitet, besonders aber bei den noch nicht geschlechtlich differenzirten Protisten und niederen Pflanzen, seltener bei den niederen Thieren (Infusorien und Trematoden) und noch seltener bei höheren Thieren (parthenogonen Crustaceen, Insecten und Bryozoen). Sehr häufig ist die Sporenbildung namentlich

bei den wasserbewohnenden Organismen, und hier ist die Spore oft durch besondere Bewegungsorgane (Wimpern) befähigt, sich frei im Wasser umherzubewegen (Schwärmspore)[1]. Sehr oft entwickelt sich die Spore noch innerhalb des elterlichen Organismus zum Embryo. Allein der Zusammenhang mit dem letzteren ist dann doch bloss ein lockerer, wie bei den Eiern der viviparen Thiere, und die physiologische Selbstständigkeit der Spore als Bion ist von ihrer Absonderung an eben so gross, als bei dem Ei. Wie nun die vollkommene Selbstständigkeit und Entwickelungsfähigkeit der einzelnen abgesonderten Plastide bei der Spore und dem Ei ganz dieselbe ist, so stimmen auch viele Sporen mit vielen Eiern wesentlich darin überein, dass sie sich in besonderen, lediglich zur Bildung der Fortpflanzungszellen bestimmten Organen ausbilden, und sowohl durch Grösse, als durch Form, als durch Bildung besonderer Hüllen, von den übrigen Plastiden desselben Organismus wesentlich unterscheiden. Die Sporenbildungs-Organe, welche einerseits den vorhin erwähnten Knospenstöcken, andererseits den Eierstöcken morphologisch vollkommen entsprechen und oft kaum zu unterscheiden sind, werden von den Zoologen gewöhnlich als „Keimstöcke" bezeichnet, besser von den Botanikern als Sporenfrüchte (Sporocarpien). Durch alle diese Verhältnisse schliesst sich die Sporogonie so unmittelbar an die sexuelle Fortpflanzung an, dass kein anderes Kriterium zwischen Beiden übrig bleibt, als dass das Ei befruchtungsbedürftig ist, die Spore nicht. Bei den Bienen wird aber auch diese letzte Grenze dadurch verwischt, dass ein und dieselbe Fortpflanzungszelle sowohl als Ei, wie als Spore sich entwickeln kann. Befruchtet entwickelt sie sich als Ei zu einem weiblichen, unbefruchtet als Spore zu einem männlichen Individuum. Will man die Grenze zwischen geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Fortpflanzung aufrecht erhalten, so ist dies nur dadurch möglich, dass man die wirklich erfolgte Befruchtung des Eies, d. h. die thatsächliche Vermischung zweier verschiedenen Zeugungsstoffe, als das Kriterium der ersteren ansieht. Wir werden also auch alle Fälle von echter Parthenogenesis, wo wirklich unbefruchtete Eier sich entwickeln, zur Sporogonie zu stellen haben.

Da wir irgend einen bestimmten und durchgreifenden morphologischen Charakter nicht kennen, der alle Eier von allen Sporen unterscheidet, da wir eben so wenig irgend einen morphologischen Charakter kennen, der alle Sporocarpien von allen Ovarien unterscheidet, so sind wir nicht einmal im Stande, hier zwischen Parthenogenesis und

[1]) Sehr unpassend werden auch neuerdings wieder die aus befruchteten Eiern hervorgegangenen bewimperten Larven niederer Organismen (z. B. der Schwämme und Coelenteraten) als „Schwärmsporen" bezeichnet. Die Schwärmspore ist aber stets eine einfache Plastide, welche sich ohne vorhergegangene Befruchtung entwickelt.

echter Sporogonie irgend einen allgemein durchgreifenden Unterschied aufzustellen. Jedoch glauben wir einen hypothetischen Unterschied zwischen den bis jetzt bekannten Fällen von Parthenogenesis und der echten Sporogonie in folgender Erwägung zu finden.

Offenbar ist die Trennung der Geschlechter ein Differenzirungsprocess, welcher erst in späterer Zeit der Erdgeschichte entstanden ist, nachdem schon lange Perioden hindurch ungeschlechtliche Fortpflanzung bestanden und sich durch Theilung und Knospenbildung endlich zur Keimbildung entwickelt hatte. Man könnte nun vielleicht glauben, in den jetzt bekannten Fällen von Parthenogonie die noch existirende paläontologische Uebergangsstufe von der Sporogonie zur sexuellen Fortpflanzung zu finden. Indessen ist es viel wahrscheinlicher, dass alle bis jetzt bekannten Fälle von Parthenogonie, wenigstens bei den höheren Pflanzen[1] (*Coelebogyne ilicifolia*) und Thieren (*Aphis, Psyche, Cecidomyia* und vielen anderen Insecten) nicht eine solche noch persistirende progressive Zwischenform darstellen, sondern durch allmähliche Rückbildung der amphigenen zur monogenen Fortpflanzung erfolgt sind. Offenbar könnte uns über die wahre Bedeutung der uns bekannten Fälle von Parthenogenesis nur ihre paläontologische Entwickelungsgeschichte Aufschluss geben. Da wir diese aber nicht kennen, müssen wir nach Analogie schliessen, und da ist es das Wahrscheinlichste, dass jene parthenogenetischen, zum Theil sehr hoch entwickelten Organismen, deren jetzt lebende niedere Verwandte allgemein sich geschlechtlich fortpflanzen, und deren gemeinsame Voreltern also auch bis zu einer gewissen Zeit hinauf sexuell differenzirt gewesen sind, nur einzelne Ausnahmen darstellen, in denen die Befruchtungsbedürftigkeit der Eier unter gewissen Bedingungen ausgefallen und diese wieder auf den Werth der Spore zurückgesunken sind. Wir glauben also, dass die Voreltern der parthenogenetischen Insecten, Crustaceen, Euphorbiaceen etc., wenn auch in weit zurückgelegenen Generationen, sexuell differenzirt waren, und dass die einzelnen Rückschläge in den diesen noch vorhergegangenen früheren Zustand durch Ausfall der Befruchtungsbedürftigkeit entstanden sind. Wir halten die bekannten Fälle von Parthenogenesis (wenigstens bei den höher differenzirten Organismen) nicht für progressive, sondern für regressive Uebergangsformen zwischen Amphigonie und Sporogonie und nehmen demnach z. B. an, dass die viviparen parthenogenetischen Blattläuse gegenwärtig Ammen sind, welche in Sporocarpien (Keimstöcken) Sporen erzeugen, während die (vielleicht weit zurückliegenden) Voreltern derselben Blattläuse allgemein geschlechtlich differenzirt waren, theils Männchen welche Sperma,

[1]) Ueber die Parthenogenesis der Pflanzen sind die trefflichen Arbeiten von Alexander Braun in den Abhandl. der Berl. Akad. nachzusehen, welche wir durch die dogmatischen und kritiklosen Angriffe seiner Gegner nicht für widerlegt halten.

theils echte Weibchen, welche in Eierstöcken befruchtungsbedürftige Eier erzeugten. Die Differenzen, welche gegenwärtig zwischen den Eiern der geschlechtlichen und den Keimen (Sporen) der ungeschlechtlichen Generation, ebenso wie zwischen den Eierstöcken der ersteren und den Keimstöcken der letzteren, sowie zwischen der sonstigen Form ihres Geschlechtsapparates existiren (z. B. der Mangel der Samentasche bei den Ammen) erklären sich vollkommen aus den Gesetzen der Descendenztheorie. Auch der ganze merkwürdige Generationswechsel der Blattläuse erklärt sich von diesem Gesichtspunkte aus vortrefflich, da die geschlechtliche Generation, welche nach einer Reihenfolge von mehreren ungeschlechtlichen wiederkehrt, uns ja factisch in rhythmischer Wiederkehr die sexuell differenzirte Form vor Augen führt, aus welcher sich die parthenogenetischen Generationen erst im Laufe paläontologischer Perioden entwickelt haben. Da uns hier ein Rückbildungsprocess der Amphigonie vorzuliegen scheint, so können wir erwarten, dass sich die Blattläuse in späteren Zeiten vielleicht ausschliesslich durch Sporen fortpflanzen und also auf den Zustand derjenigen Lepidopteren zurücksinken werden, bei denen die Befruchtungsbedürftigkeit der Eier und damit auch das männliche Geschlecht allmählich gänzlich ausgefallen ist (Psychiden).

Wir können demnach wohl allgemein zwei verschiedene Formen der monosporen Sporogonie unterscheiden, nämlich die echte, ursprüngliche oder progressive und die secundäre oder regressive Monosporogonie, welche mit der Parthenogenesis zusammenfällt.

I. Fortschreitende Keimplastidenbildung.
(Monosporogonia progressiva.)

Die progressive Bildung der Keimcytoden und Keimzellen ist bei den niederen Organismen sehr allgemein verbreitet, unter den Pflanzen insbesondere bei den Algen, Nematophyten (Pilzen und Flechten) und überhaupt den meisten Cryptogamen. Unter den Protisten finden wir dieselbe bei den Myxomyceten, Flagellaten, Rhizopoden, Protoplasten (Pseudonavicellen der Gregarinen) etc. Die progressive Monosporogonie wird gewöhnlich als „Sporenbildung" *κατ' ἐξοχήν* bezeichnet, und die dadurch erzeugte Keimplastide als Spore, genauer als Monospore. Bald ist dieselbe eine kernlose Cytode, bald eine kernhaltige Zelle. Bei vielen niederen Organismen ist die Monosporogonie die einzige Art der Fortpflanzung (viele Protisten und einzellige Algen), bei anderen ist sie durch Generationswechsel mit Amphigonie verbunden (die meisten Cryptogamen). Morphologische Charaktere, welche die Monospore allgemein von dem Ei unterscheiden, existiren nicht. Das Ei ist bloss dadurch von der Keimplastide verschieden, dass es zu seiner Entwickelung der Befruchtung durch das Sperma bedarf.

II. Rückschreitende Keimplastidenbildung.

(Monosporogonia regressiva.)

Die Bildung von Keim-Cytoden oder Keimzellen bei höheren Organismen, deren Stammeltern sexuell differenzirt waren, findet sich als echte Parthenogonie bei vielen Bryozoen, Insecten und Crustaceen, einigen Euphorbiaceen und Cryptogamen. Wahrscheinlich ist sie durch natürliche Züchtung aus geschlechtlicher Zeugung entstanden [1]) und dadurch nach unserer vorher begründeten Ansicht wesentlich von der vorhergehenden progressiven Monosporogonie verschieden. Erst in den letzten Jahren genauer untersucht, hat sich diese regressive Monosporogonie schon bei einer beträchtlichen Anzahl von Articulaten und anderen Wirbellosen nachweisen lassen. Seltener scheint sie im Ganzen bei den Pflanzen zu sein, wo als ganz sichere Beispiele nur die merkwürdige Euphorbiacee *Coelebogyne ilicifolia* und die Cryptogame *Chara crinita* durch Alexander Braun's treffliche Untersuchungen festgestellt sind. Die Spore, genauer Monospore, ist auch hier bald eine kernlose Cytode (bei den Aphiden, Cocciden, Daphniden), bald eine kernhaltige Zelle (die „Sommer-Eier" der Rotatorien und Bryozoen), die unbefruchtet sich entwickelnden „Eier" (also „falsche Eier"!) der Psychiden und Bienen. Sehr oft entstehen die Monosporen in besonderen Organen, den Sporenstöcken (Sporocarpia), welche offenbar rückgebildete Ovarien sind und deutlich beweisen, dass die Parthenogonie durch Rückbildung aus der Amphigonie entstanden ist.

2. Geschlechtliche Fortpflanzung.

(Amphigonia. Generatio digenea.)

Die geschlechtliche oder digene Zeugung (Amphigonia) lässt sich, wie wir im Vorhergehenden gezeigt haben, nur dadurch scharf charakterisiren, dass wir als Kriterium derselben die Vermischung zweier verschiedener Stoffe festhalten, welche von zwei verschiedenen Individuen oder von zwei verschiedenen Theilen (Geschlechtstheilen) eines und desselben Individuums producirt sind. Der weibliche, befruchtungsbedürftige Geschlechtsstoff erscheint meistens in der organisirten Form einer einzigen Zelle, des Eies (Ovum), welche in mehrfacher Beziehung (wie die Spore) durch Grösse, Form, Zusammensetzung, Umhüllung etc. vor

---

[1]) Für die Vorstellung, dass die Parthenogenesis der höheren Organismen durch Rückbildung aus der sexuellen Zeugung ihrer Voreltern entstanden sei, erinnern wir daran, dass jede Differenzirung, also auch die geschlechtliche, nicht bloss mit Vortheilen, sondern auch mit Nachtheilen verbunden ist, und dass also auch die geschlechtlich differenzirten Individuen, welche ausschliesslich durch Amphigonie sich fortpflanzten, gewisse Nachtheile im Kampfe um das Dasein gehabt haben werden, gegenüber denjenigen [Indiv]iduen, welche zuerst wieder anfingen, sich durch Sporen fortzupflanzen.

den übrigen Plastiden desselben Organismus besonders ausgezeichnet ist [1]). Seltener erscheint der weibliche Zeugungsstoff nur als ein formloser und structurloser homogener Plasmaklumpen (bei einigen Protisten, die durch Copulation zeugen), also auf der einfachsten Stufe der Plastidenentwickelung, der kernlosen Cytode. Wir können diese, zum Unterschiede von der Eizelle, Ei-Cytode nennen. Bisweilen scheint der weibliche Zeugungsstoff nicht eine einzige Plastide, sondern ein Plastidenaggregat darzustellen. So ist bei den Insecten nach den Beobachtungen von Stein und Lubbock, welche Weismann neuerdings bestätigt hat, das Ei wirklich aus mehreren Zellen zusammengesetzt. Wir können also allgemein drei Ausbildungsformen des weiblichen Zeugungsstoffes oder Eies unterscheiden, nämlich: 1) die Eicytode, 2) die Eizelle, 3) den Eizellenhaufen. Ebenso erscheint auch der männliche, befruchtende Geschlechtsstoff, der Same (Sperma), auf drei wesentlich verschiedenen Ausbildungsstufen, nämlich 1) als Samencytode, 2) als Samenzelle, 3) als Zoosperm (Samenzellentheil). Die Samencytode ist ein formloser und structurloser homogener Plasmaklumpen und findet sich bei einigen durch Copulation zeugenden Protisten; er stellt hier die einfachste Stufe der Plastidenentwickelung dar, die kernlose Cytode, eben so wie der entsprechende weibliche Stoff, mit dem er sich bei der Copulation vermischt. Als kernhaltige Samenzelle tritt der befruchtende männliche Zeugungsstoff auf bei den meisten Crustaceen und den Phanerogamen (hier Pollenkorn genannt), ferner auch bei gewissen Algen; als Zoosperm oder Samenfaden endlich, d. h. als frei beweglicher Faden, welcher durch Umbildung eines Theils einer Samenzelle entsteht, bei den meisten Thieren, den Spongien unter den Protisten und den meisten Cryptogamen. Männliches Geschlechtsproduct (Sperma) und weibliches Geschlechtsproduct (Ovum) kann man allgemein, ohne Rücksicht auf ihre morphologische Eigenthümlichkeit, als Geschlechtsproducte (Producta genitalia) bezeichnen.

Die verschiedenen Formen der geschlechtlichen Fortpflanzung unterscheiden sich zunächst am meisten durch die Vertheilung oder Vereinigung der beiden Geschlechtsproducte, Ei und Samen, auf verschiedene Individuen. Man pflegt hiernach allgemein „Individuen mit vereinigten Geschlechtsproducten“ (Zweigeschlechtige, Bisexuales, Zwitter oder Hermaphroditen) und „Individuen mit getrennten Geschlechtsproducten“ (Getrenntgeschlechtige oder Eingeschlechtige, Unisexuales) zu unterscheiden. Die Botaniker unterscheiden ferner zwischen monoecischen und dioecischen Pflanzen. Monoecische oder einhäusige sind solche unisexuelle Pflanzen, bei denen beiderlei eingeschlechtige Individuen (d. h. Blüthen, Individuen fünfter Ordnung) auf einem

[1]) Von den Botanikern wird die Eizelle gewöhnlich als Keimbläschen bezeichnet, während die Zoologen hierunter den Kern der Eizelle verstehen.

und demselben „zusammengesetzten Individuum" (d. h. auf einem Individuum sechster Ordnung oder Stock) vereinigt sind. Dioecische oder zweihäusige sind solche unisexuelle Pflanzen, bei denen beiderlei eingeschlechtige Blüthen auf verschiedene Stöcke vertheilt sind. Dieselbe Unterscheidung monoecischer und dioecischer Stöcke ist auch bei den Coelenteraten, insbesondere den Anthozoen, welche den „zusammengesetzten Pflanzen" in ihrer Stockbildung so auffallend gleichen, von einigen Zoologen richtig gemacht worden. Man kann also zunächst unter den Organismen allgemein Monoecisten und Dioecisten unterscheiden, je nach der Vertheilung der beiderlei Geschlechtsproducte auf eines oder auf verschiedene Individuen sechster Ordnung (Stöcke), und unter den Monoecisten wiederum Bisexuelle und Unisexuelle, je nach der Vertheilung der beiderlei Geschlechtsproducte auf eines oder auf verschiedene Individuen fünfter Ordnung (Personen, Blüthensprosse). Diese Unterscheidung ist aber insofern ungenügend, als dabei die Vertheilung der beiderlei Geschlechtsproducte auf eines oder auf verschiedene Individuen der niederen Ordnungen (vierter, dritter, zweiter Ordnung) nicht berücksichtigt ist. Wie man überhaupt bisher diese niederen Individualitätsgrade, die doch für das Verständniss des ganzen Organismus so wichtig sind, nicht gehörig unterschieden hat, so ist auch jenes besondere Verhältniss ihrer geschlechtlichen Differenzirung meist gänzlich übersehen oder doch nicht richtig beurtheilt worden, und daher, besonders in der Zoologie, eine ungemeine Verwirrung in der Auffassung der Geschlechtsverhältnisse eingerissen. Bei den Coelenteraten z. B. weiss Niemand mehr, was er unter vereinigten und getrennten Geschlechtern verstehen soll, da diese Ausdrücke bunt durch einander für monoecische und dioecische, unisexuelle und bisexuelle Organismen, und ausserdem ohne alle Unterscheidung der Geschlechtsverhältnisse bei den Individuen niederer Ordnung gebraucht werden. Daher erscheint es uns unerlässlich, diese Begriffe scharf zu bestimmen und das Verhältniss der Vereinigung oder Trennung der Geschlechter bei den Individuen aller Ordnungen scharf zu unterscheiden.

Wir bezeichnen demnach ganz allgemein zunächst die Vereinigung der beiderlei Genitalproducte auf einem Individuum (gleichviel welcher Ordnung) als Zwitterbildung oder Hermaphroditismus. Jedes Individuum (irgend einer Ordnung) als Zwitter (Hermaphroditus) vereinigt in sich beiderlei Geschlechtsstoffe, Ovum und Sperma. Der Gegensatz hierzu ist die Trennung der Genitalien, die Vertheilung der beiderlei Geschlechtsstoffe auf zwei Individuen (gleichviel welcher Ordnung), welche wir als Geschlechtstrennung oder Gonochorismus bezeichnen[1]). Jedes Individuum irgend einer Ordnung als Nicht-

[1]) γονή, ἡ, Genitale, Geschlechtstheil; χωριστός, getrennt. Wir führen dieses neue

zwitter (Gonochoristus) besitzt nur einen von beiden Geschlechtsstoffen, Ovum oder Sperma. Das getrenntgeschlechtliche Individuum mit Ovum, ohne Sperma, wird allgemein als weibliches (femininum), das nichtzwitterige Individuum mit Sperma, ohne Ovum, als männliches (masculinum) bezeichnet. Das weibliche Individuum fünfter Ordnung (weibliche Person, weibliche Blüthe) ist das Weib (femina); das männliche Individuum fünfter Ordnung ist der Mann (mas). Der Gonochorismus kommt bei Individuen aller sechs Ordnungen vor. Der Hermaphroditismus kommt sicher bei allen fünf höheren Individualitätsordnungen vor; dagegen ist es zweifelhaft, ob er auch der ersten zukömmt. Indem wir die zwölf möglichen verschiedenen Fälle des Gonochorismus und Hermaphroditismus einzeln betrachten, finden wir das Gesetz, dass immer der Hermaphroditismus einer bestimmten Individualitätsordnung mit Gonochorismus einer niedrigeren Ordnung verbunden ist.

I. Geschlechtsverhältnisse der Plastiden (Cytoden und Zellen).

Ia. Hermaphroditismus der Plastiden.

Zwitterbildung der Individuen erster Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsstoffe sind in einem Individuum erster Ordnung (Plastide) vereinigt.

Der Hermaphroditismus der Plastiden ist von den zwölf möglichen Fällen, welche uns die zweifach verschiedenen Geschlechtsverhältnisse der Individuen von sechs verschiedenen Ordnungen darbieten können, der einzige, dessen Existenz nicht ganz sicher nachgewiesen ist. Es ist uns kein Fall mit Sicherheit bekannt, dass eine und dieselbe Plastide (sei es nun eine Cytode oder eine Zelle) beiderlei Geschlechtsstoffe in sich erzeugt hätte. Weder bei den Thieren, noch bei den Protisten, noch bei den Pflanzen sind unzweifelhaft zwitterige Cytoden oder Zellen beobachtet worden, d. h. einzelne Plastiden, die in einem Theile ihres Leibes weibliche, in einem anderen männliche Zeugungsstoffe producirt hätten. Selbst bei den einzelligen Algen, welche geschlechtlich zeugen, entstehen entweder die beiden Geschlechtsproducte in zwei verschiedenen Individuen (Zellen), oder wenn ein einzelnes Individuum sie beide erzeugt, geschieht dies in besonderen Abtheilungen der Zelle, welche sich vorher durch Scheidewände von den übrigen Theilen der Zelle getrennt haben, also im Grunde selbst schon wieder selbstständige Zellen darstellen. Vielleicht findet sich jedoch wirklicher

Wort hier ein, weil es bisher seltsamer Weise gänzlich an einer allgemeinen Bezeichnung der Geschlechtstrennung mangelte, während man für die Zwitterbildung deren mehrere besass (Hermaphroditismus, Androgynie).

Hermaphroditismus der Plastiden bei einem Theile derjenigen niederen Pflanzen (Desmidiaceen und Zygnemaceen), Protisten (Gregarinen) und Thiere (Infusorien), welche durch Conjugation und Copulation zeugen. Bekanntlich besteht dieser Process darin, dass zwei Individuen erster Ordnung oder Plastiden (bald Zellen, bald Cytoden) mit einer Stelle ihres Leibes sich an einander legen, hier verwachsen und endlich theilweise oder vollständig verschmelzen. Die vollständige Verschmelzung, bei welcher aus zwei Individuen Eines wird, bezeichnet man als Copulation (z. B. bei Gregarinen und anderen Protoplasten, Rhizopoden, einigen Infusorien); dagegen die unvollständige Verschmelzung, bei welcher die Individualität der beiden verschmelzenden Plastiden mehr oder weniger erhalten bleibt, als Conjugation (z. B. bei den Conjugaten [Zygnemaceen, Desmidiaceen]). Das Resultat dieser Verschmelzung ist die Bildung einer einzigen oder mehrerer, zur selbstständigen Entwickelung fähiger Plastiden, welche man gewöhnlich als Sporen bezeichnet. Nach unserer Auffassung ist die besonders von de Bary aufgestellte Ansicht die richtigere, dass wir es hier mit einer wirklichen geschlechtlichen Zeugung zu thun haben, und das Product derselben, die Zygospore, ist demnach nicht als Spore, sondern als sexuelles Zeugungsproduct, als „befruchtetes Ei" zu bezeichnen. Offenbar ist das Wesentliche dieses Processes, wie bei jeder geschlechtlichen Zeugung, die Vermischung zweier verschiedenen Stoffe, welche zur Bildung eines neuen Individuums führt. Von den übrigen Formen der geschlechtlichen Zeugung ist die Copulation und Conjugation nur dadurch verschieden, dass diese beiden verschiedenen Geschlechtsstoffe nicht geformt sind, und gerade hierin liegt für uns die grosse Bedeutung derselben, da sie offenbar den primitivsten Anfangszustand der Amphigonie repräsentiren, der sich unmittelbar an die ungeschlechtliche Sporogonie anschliesst. Man könnte nun wohl daran denken, dass bereits in den noch nicht zur Copulation oder Conjugation gelangten Plastiden eine Sonderung des Plasma in zweierlei verschiedene Zeugungsstoffe eingetreten sei, und es würde dann der Process der Copulation und Conjugation selbst als eine wechselseitige Befruchtung zweier hermaphroditischer Individuen erster Ordnung aufzufassen sein, wie wir dieselbe sehr häufig bei zwitterigen Individuen höherer Ordnung (z. B. den Schnecken) finden. Insbesondere könnte hierführ angeführt werden, dass unter Umständen auch die einzelnen Individuen, welche gewöhnlich conjugiren (z. B. Zygnemen) oder copuliren (z. B. Gregarinen) selbstständig „Sporen" in ihrem Inneren erzeugen können. Indessen muss es vorläufig zweifelhaft bleiben, ob hier eine Selbstbefruchtung einer hermaphroditischen Zelle, oder eine Parthenogenesis, die schon zur Sporogonie zu rechnen sein würde, vorliegt, da wir noch nicht im Stande gewesen

sind, die Verschiedenheit der beiderlei Zeugungsstoffe in den einzelnen copulirenden und conjugirenden Individuen (weder in chemischer, noch in morphologischer Beziehung) zu constatiren. Aus diesen Gründen können wir daher nicht mit Sicherheit die (jetzige) Existenz eines Hermaphroditismus der Plastiden annehmen, und es würden demnach sämmtliche Fälle von Amphigonie, von geschlechtlicher Differenzirung der Plastiden, als Gonochorismus derselben zu betrachten sein.

Ib. Gonochorismus der Plastiden.

Geschlechtstrennung der Individuen erster Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsstoffe sind auf zwei verschiedene Individuen erster Ordnung (Plastiden) vertheilt.

Dieser Fall der Geschlechtstrennung ist der allgemeinste von allen sechs möglichen Fällen des Gonochorismus, und wenn ein Hermaphroditismus der Plastiden nicht existirte, so würden eigentlich sämmtliche Fälle der geschlechtlichen Differenzirung und Zeugung überhaupt hierher zu ziehen sein. Denn bei allen sexuellen Individuen zweiter und höherer Ordnung, mögen dieselben nun Hermaphroditen oder Gonochoristen sein, finden wir die beiderlei Geschlechtsproducte von verschiedenen Individuen erster Ordnung erzeugt. In allen uns bekannten Geschlechtsorganen giebt es männliche und weibliche Plastiden (selten Cytoden, meistens Zellen) neben einander, aber keine Plastiden, welche zugleich männliche und weibliche Geschlechtsstoffe bildeten. Zwitterige Zellen sind bisher so wenig innerhalb eines Geschlechtsorgans, als in frei lebenden monoplastiden Organismen beobachtet worden. Wenn wir also von den so eben erwähnten möglichen Fällen des Hermaphroditismus bei copulirenden und conjugirenden Plastiden absehen, so würden wir den Gonochorismus der Plastiden als allgemeine Eigenschaft sämmtlicher amphigoner Organismen ansehen können. Gewöhnlich sind die geschlechtlich differenzirten Individuen erster Ordnung Zellen, seltener Cytoden (bei manchen Algen). Die weibliche Geschlechtszelle erzeugt gewöhnlich ein einziges Ei, d. h. sie wandelt sich in ihrer Totalität in ein Ei um. Seltener bildet dieselbe einen Zellencomplex, z. B. bei den Insecten-Eiern. Die einzelne männliche Geschlechtszelle (Samenzelle) dagegen erzeugt sehr häufig einen Complex von mehreren Zoospermien (besonders bei den höheren Thieren); anderemale fungirt sie in ihrer Totalität (Crustaceen, Pollenkorn der Phanerogamen). Die Formen-Mannichfaltigkeit der Zoospermien bei den verschiedenen Organismen ist ausserordentlich gross. Besonders bemerkenswerth ist die auffallende Aehnlichkeit der fadenförmigen beweglichen Zoospermien bei den Cryptogamen und den meisten Thieren. Ebenso zeigt auch die Form der Eizelle, und besonders ihre Hüllenbildung, bei Pflanzen und Thieren mannichfache Analogieen.

II. Geschlechtsverhältnisse der Organe.

IIa. Hermaphroditismus der Organe.

Zwitterbildung der Individuen zweiter Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsproducte sind in einem Individuum zweiter Ordnung (Organ) vereinigt.

Die Zwitterbildung der Organe ist im Ganzen selten, da bei den meisten hermaphroditischen Organismen die beiden Geschlechtsstoffe auf zwei verschiedene Individuen dritter oder höherer Ordnung vertheilt sind. Doch finden wir in sehr ausgezeichneter Weise beiderlei Zeugungsstoffe von einem einzigen Organe producirt bei manchen Mollusken, und zwar am auffallendsten bei den sonst hoch differenzirten Lungenschnecken (Pulmonaten). Trotz der ausserordentlichen Complication, welche der Geschlechtsapparat dieser Thiere im Uebrigen darbietet, werden dennoch die Eier und Samenzellen von einem und demselben Organe unmittelbar neben einander erzeugt. Eine gleiche **Zwitterdrüse (Glandula hermaphrodita)** findet sich bei *Synapta* unter den Echinodermen. Sehr allgemein verbreitet scheint ein ähnliches Organ bei den Infusorien zu sein, wo als Ovarium der sogenannte Nucleus, als Hode der Nucleolus erkannt worden ist. Da jedoch der letztere dem ersteren unmittelbar anliegt und in manchen Fällen selbst im Inneren desselben zu liegen scheint, so kann man Beide zusammen wohl als Zwitterdrüse bezeichnen. Unter den Pflanzen kommen ähnliche Zwitterdrüsen, d. h. Organe, welche männliche und weibliche Geschlechtsproducte zugleich erzeugen, nur sehr selten vor, z. B. bei *Marsilea*, *Pilularia* und einigen anderen Rhizocarpeen.

IIb. Gonochorismus der Organe.

Geschlechtstrennung der Individuen zweiter Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsproducte sind auf zwei verschiedene Individuen zweiter Ordnung (Organe) vertheilt.

Die Vertheilung der Geschlechtsthätigkeit auf verschiedene Organe ist die allgemeine Regel für die grosse Mehrzahl aller Organismen, auch für die meisten sogenannten „Zwitter-Individuen" (d. h. hermaphroditischen Individuen dritter und höherer Ordnung). Die **weiblichen Organe**, welche die Eier produciren, heissen bei den Thieren allgemein **Eierstöcke** (Ovaria), bei den phanerogamen Pflanzen **Samenknospen** (Gemmulae)[1]), bei den meisten cryptogamen Oogonien oder

---

[1]) Leider werden hier sehr häufig, wie es auch im Uebrigen vielfach geschieht, in der Botanik und Zoologie Objecte, welche gar keine Analogie besitzen, mit denselben Namen, und Objecte, welche wirkliche Analogie besitzen, mit verschiedenen Namen belegt. In der Regel sollte hier wohl die zoologische Bedeutung des Wortes, als die ältere und allgemeiner anerkannte, das Recht der Priorität haben und die fälschlich davon abge-

Archegonien (oder Pistillidien). Die männlichen Organe, welche das Sperma produciren, heissen bei den Thieren allgemein Hoden (Testiculi), bei den Phanerogamen Antheren oder Staubblätter, bei den Cryptogamen Antheridien. Bei den Thieren entwickeln sich sehr häufig weibliche und männliche Geschlechtsorgane aus einer und derselben Anlage, so zwar, dass bei den beiderseitigen Embryonen beiderlei Organe bis zu einer gewissen Zeit nicht zu unterscheiden sind und sich erst später differenziren (z. B. bei den Wirbelthieren). Bei den phanerogamen Pflanzen dagegen sind beiderlei Organe in morphologischer Beziehung wesentlich verschieden, indem die männliche Geschlechtsdrüse ein reines Blattorgan („Staubblatt"), die weibliche Geschlechtsdrüse (Samenknospe) dagegen entweder ein reines Axenorgan oder eine wirkliche Knospe (ein Axenorgan mit Blattorganen) ist. Zwischen den vollkommen getrennten Geschlechtsorganen und den vorhin erwähnten Zwitterdrüsen giebt es bei den Thieren (insbesondere Schnecken und Würmern) eine Menge vermittelnder Uebergänge, welche die allmähliche Hervorbildung der ersteren aus den letzteren in schlagender Weise bekunden. Insbesondere sind die Ausführungsgänge der männlichen und weiblichen Drüsen oft noch auf kürzere oder längere Strecken hin vereinigt.

III. Geschlechtsverhältnisse der Antimeren.

IIIa. Hermaphroditismus der Antimeren.

Zwitterbildung der Individuen dritter Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsorgane sind in einem Individuum dritter Ordnung (Antimer) vereinigt.

leitete botanische Bedeutung eliminirt werden. Was die Botaniker gewöhnlich als „Ovarium" bezeichnen, ist der unterste Theil des Pistills, welcher besser Fruchtknoten (Germen) heisst. Dagegen ist der dem thierischen Ovarium wirklich entsprechende Theil der weiblichen Blüthe die Samenknospe oder Gemmula, welche gewöhnlich von den Botanikern als Eichen (Ovulum) bezeichnet wird. Das wirkliche Pflanzenei dagegen, welches dem thierischen Ovum entspricht, heisst hier gewöhnlich Keimbläschen, während die Zoologen mit diesem Namen den Kern des thierischen Eies belegen. Eine Uebersicht der analogen Theile in den weiblichen Geschlechtsorganen der Thiere und Pflanzen ergiebt demnach allgemein folgendes Resultat:

	Thiere	Phanerogamen	Cryptogamen
Weibliches Geschlechtsorgan	Ovarium	Gemmula (Ovulum)	Archegonium (Oogonium)
Weibliche Geschlechtszelle	Ei (Ovum)	Embryobläschen (Keimbläschen)	Archegonium - Centralzelle
Kern der weiblichen Geschlechtszelle . .	Keimbläschen (Purkyne's Bläschen)	Kern (des Keimbläschens)	Kern der Archegonium-Centralzelle

Dieser Fall ist die allgemeine Regel bei den allermeisten hermaphroditischen Individuen vierter und höherer Ordnung. Insbesondere bei den zwitterigen Thieren besitzt meist jeder homotypische Abschnitt beiderlei Geschlechtsorgane. Fast allgemein finden wir bei den dipleuren Zwitterthieren beiderlei Organe sowohl auf der rechten als auf der linken Hälfte, bei den centraxonien und amphipleuren Zwitterthieren in jedem ihrer „Strahltheile". Weniger allgemein ist dieses Verhältniss bei den Pflanzen, wo öfters insbesondere die weiblichen Organe in einem oder mehreren Antimeren abortiren, so dass diese bloss eingeschlechtig sind.

IIIb. Gonochorismus der Antimeren.

Geschlechtstrennung der Individuen dritter Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsorgane sind auf zwei verschiedene Individuen dritter Ordnung (Antimeren) vertheilt.

Dieser Fall ist im Ganzen viel seltener als der vorige; besonders im Thierreiche. Hier kommt es nur ausnahmsweise vor, dass bei einem hermaphroditischen Organismus die Genitalien des einen Antimeren männlich, die des anderen weiblich sind. So giebt es einige Anthozoen-Arten, bei denen die Mesenterialfalten (welche in der Medianebene der Antimeren liegen) alternirend männliche und weibliche Genitalien einschliessen. Derartige Zwitter finden sich bisweilen auch bei dipleuren Thieren, die sonst getrennten Geschlechts sind, bei denen aber beiderlei Organe sich aus derselben Anlage hervorbilden, wie z. B. bei den Wirbelthieren. Unter letzteren sind solche Zwitterbildungen, wo die rechte Hälfte weiblich, die linke männlich differenzirt war, oder umgekehrt, mehrfach beobachtet worden, in einzelnen Fällen auch beim Menschen (sogenannter Hermaphroditismus lateralis). Eben solche Fälle sind auch von unseren Flussmuscheln (*Unio*, *Anodonta*) bekannt, wo bisweilen das Geschlechtsorgan der rechten Seite ein Hoden, der linken ein Eierstock ist, und umgekehrt. Häufiger ist diese sexuelle Differenzirung der Antimeren bei den phanerogamen Pflanzen, wo oft in einer Zwitterblüthe (Person), die im einen Geschlechtskreise (Metamer) weibliche, im anderen männliche Organe auf mehrere Antimeren vertheilt trägt, der eine oder andere homotypische Abschnitt kein Geschlechtsorgan entwickelt (abortirt), so dass ein Theil der Antimeren bloss männlich, ein anderer Theil bloss weiblich wird. Selten aber ist dieser Abortus in beiden Kreisen (männlichen und weiblichen) so regelmässig complementär, dass die ganze Blüthe (Person) bloss aus rein männlichen und rein weiblichen Antimeren zusammengesetzt ist. Vielmehr behält meistens ein Theil der Antimeren (gewöhnlich die Mehrzahl) die ursprüngliche Zwitterbildung bei. In höchst ausgezeichneter Weise findet sich der reine Gonochorismus der Antimeren constant bei

Canna, wo nicht zwei Metameren (Blattkreise) geschlechtlich differenzirt sind, sondern wo nur ein einziger Blattkreis (Metamer) zur geschlechtlichen Entwickelung gelangt, und wo in diesem, aus drei Antimeren bestehenden Kreise, das eine Antimer männlich, das zweite weiblich wird und das dritte abortirt.

IV. Geschlechtsverhältnisse der Metameren.

IVa. Hermaphroditismus der Metameren.

Zwitterbildung der Individuen vierter Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsorgane sind in einem Individuum vierter Ordnung (Metamer) vereinigt.

Dieser Fall ist die allgemeine Regel bei den hermaphroditischen Thieren, bei welchen die physiologische Individualität den Rang eines Metameres hat. Hier müssen natürlich die beiderlei Genitalorgane auf einem und demselben Metamer vereinigt sein, z. B. bei den Trematoden, Zwitterschnecken. Bei den zwitterigen Articulaten, welche durch Aggregation von Metameren Personen herstellen, wie z. B. bei den Bandwürmern, wiederholen sich gewöhnlich ganz regelmässig weibliche und männliche Organe in mehr oder minder inniger, theilweiser Vereinigung in jedem Metamer, mit Ausnahme der geschlechtslosen. Doch kommt es hier auch häufig vor (z. B. bei den Hirudineen, Lumbricinen), dass nur einige Metameren hermaphroditisch, die anderen dagegen unisexuell, bloss männlich oder bloss weiblich sind. Viel seltener als bei den Thieren ist der Hermaphroditismus der Metameren bei den phanerogamen Pflanzen (z. B. *Canna*); vielmehr ist der umgekehrte folgende Fall hier die Regel.

IVb. Gonochorismus der Metameren.

Geschlechtstrennung der Individuen vierter Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsorgane sind auf zwei verschiedene Individuen vierter Ordnung (Metameren) vertheilt.

Im Gegensatz zu den zwitterigen Thier-Personen zeichnen sich die hermaphroditischen Blüthen der phanerogamen Pflanzen dadurch aus, dass gewöhnlich die männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane auf verschiedene Metameren oder Glieder vertheilt sind. In den allermeisten Fällen ist ein unteres (hinteres) Stengelglied vorhanden, welches den Kreis der männlichen Staubblätter, und ein oberes (vorderes), welches den (inneren) Kreis der weiblichen Fruchtblätter trägt, an denen die Samenknospen sitzen. Da nun morphologisch jedes Stengelglied, das einen Blattkreis trägt, auch wenn es ganz unentwickelt ist, ein vollständiges Metamer darstellt, so sehen wir bei den meisten Phanerogamen die Blüthe aus einem (oder mehreren) weiblichen (oberen)

und männlichen (unteren) Metameren zusammengesetzt; das obere weibliche Metamer heisst der Kreis der Fruchtblätter (Carpella), das untere männliche der Kreis der Staubblätter (Antherae). Unter den geschlechtlichen Kreisen stehen dann noch mehrere geschlechtslose Metameren, welche nicht sexuell differenzirte Blattkreise (Blumen-, Kelch-, Deckblätter etc.) tragen. Unter den Thieren ist dieser Gonochorismus der Metameren sehr verbreitet bei den gonochoristen Bionten vierter Ordnung, insbesondere bei den höheren Mollusken, welche alle den morphologischen Rang eines Metameres haben. Selten dagegen ist er bei zwitterigen Bionten fünfter Ordnung. In ausgezeichneter Weise findet er sich so bei *Sagitta*, welche aus zwei zwitterigen Antimeren und zwei Metameren besteht, und wo das vordere Metamer (entsprechend dem oberen [vorderen] der Phanerogamen) weiblich, das hintere (entsprechend dem unteren) männlich ist.

V. Geschlechtsverhältnisse der Personen.

Va. Hermaphroditismus der Personen (Monoclinia).

Zwitterbildung der Individuen fünfter Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsorgane sind auf einem bisexuellen Individuum fünfter Ordnung (Prosopon) vereinigt.

Dieser Fall wird von den Zoologen gewöhnlich als „Hermaphroditismus" schlechtweg bezeichnet, weil die meisten Thiere auf der (fünften) tectologischen Rangstufe der Personen stehen bleiben. Bei den Pflanzen dagegen, welche meistens die höhere (sechste) Rangstufe des Stockes erreichen, unterscheiden die Botaniker sorgfältiger zwischen der Zwitterbildung der Personen (Monoclinia) und der Stöcke (Monoecia). Unter den Thieren ist der Hermaphroditismus der Personen vorzugsweise bei den kleineren und niederen Formen verbreitet. Im Stamme der Vertebraten findet er sich nur ausnahmsweise (bei einigen Kröten, wenigstens rudimentär; bei *Serranus* unter den Fischen); im Stamme der Articulaten selten bei den höher stehenden Arthropoden (Tardigraden unter den Arachniden, Cirripedien unter den Crustaceen), häufiger bei den tiefer stehenden Würmern (Hirudineen, Scoleinen, Sagitta etc.); im Echinodermenstamme nur bei *Synapta;* auch im Coelenteratenstamme nur ausnahmsweise. Ungleich verbreiteter ist der Hermaphroditismus der Personen bei den Pflanzen, wo er sich bei der grossen Mehrzahl aller Phanerogamen und sehr vielen Cryptogamen findet.

Vb. Gonochorismus der Personen (Diclinia).

Geschlechtstrennung der Individuen fünfter Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtsorgane sind auf zwei verschiedene unisexuelle Individuen fünfter Ordnung vertheilt.

Die gonochoristen Personen sind es, welche die Zoologen gewöhnlich als „getrennt-geschlechtige" Thiere im engeren Sinne, die Botani-

ker schärfer als „diclinische“ Pflanzen unterscheiden. Die weibliche Person wird bei den Phanerogamen als „weibliche Blüthe“ bezeichnet; die männliche Person als „männliche Blüthe“. Dieselbe Trennung der Geschlechter findet sich bei der grossen Mehrzahl aller Thiere; bei allen Vertebraten (einige Kröten und *Serranus* ausgenommen), bei den meisten Arthropoden (die Cirripedien und Tardigraden ausgenommen), bei den meisten höheren Würmern und den meisten Coelenteraten. Unter den Pflanzen ist sie umgekehrt die Ausnahme. Es gehören hierher alle Personen (Blüthensprosse) der Phanerogamen, welche monoecische und dioecische Stöcke zusammensetzen, ausserdem aber auch alle unisexuellen Blüthen, welche keine Stöcke bilden (besonders unter den Cryptogamen).

VI. Geschlechtsverhältnisse der Stöcke.

VIa. Hermaphroditismus der Stöcke (Monoecia).

Zwitterbildung der Individuen sechster Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtspersonen sind auf einem bisexuellen Individuum sechster Ordnung (Cormus) vereinigt.

Alle hierher gehörigen Fälle von Zwitterbildung bei den Phanerogamen hat Linné in seiner einundzwanzigsten Phanerogamen-Klasse, den Monoecia, zusammengefasst. Die sogenannte „zusammengesetzte Pflanze“, d. h. der Stock, ist hier hermaphroditisch, die einzelnen Personen aber (Blüthensprosse), welche ihn zusammensetzen, diclinische, theils männliche, theils weibliche Blüthen. Es ist dies z. B. der Fall bei den Birken, Buchen, Eichen, Rietgräsern etc. Ganz dieselbe Vereinigung der beiderlei unisexuellen Personen auf einem Stocke findet sich unter den Thieren bei den allermeisten Siphonophoren-Stöcken, dagegen nur ausnahmsweise bei den Corallen-Stöcken (Anthozoen).

VIb. Gonochorismus der Stöcke (Dioecia).

Geschlechtstrennung der Individuen sechster Ordnung.

Die beiderlei Geschlechtspersonen sind auf zwei verschiedene unisexuelle Individuen sechster Ordnung (Cormen) vertheilt.

Dieser zwölfte und letzte, am weitesten gehende Fall von Trennung der Geschlechter gab Linné Veranlassung zur Aufstellung seiner zweiundzwanzigsten Phanerogamenclasse, der Dioecia. Die sogenannte „zusammengesetzte Pflanze“ oder der Stock ist hier unisexuell, entweder männlich oder weiblich. Alle einzelnen denselben zusammensetzenden Personen sind diclinisch und gehören einem und demselben Geschlechte an. Es ist dies der Fall bei den Weiden und Pappeln, den meisten Palmen und vielen Wasserpflanzen. Ferner gehören hierher unter den Thieren die meisten Anthozoen-Stöcke, aber nur wenige Siphonophoren-Stöcke, z. B. *Diphyes quadrivalvis.*

II. System der ungeschlechtlichen Fortpflanzungsarten.

				Beispiele.
A. Ungeschlechtliche Zeugung durch Spaltung. **Schizogonia**. Generatio fissipara	a) Selbsttheilung **Divisio** (Spaltung mit Vernichtung des zeugenden Individuums)	I. Zweitheilung. Dimidiatio (Theilung in zwei Hälften)	1. Stücktheilung. Divisio indefinita	Viele Protisten. Viele Plastiden von Thieren und Pflanzen.
			2. Längstheilung. Divisio longitudinalis	Diatomeen. Astraeiden. Turbinoliden.
			3. Quertheilung. Divisio transversalis	Ophryoscolecinen. Halteria.
			4. Diagonaltheilung. Divisio diagonalis	Chlorogonium. Lagenophrys.
		II. Strahltheilung. Diradiatio (Theilung in mehr als zwei Stücke)	5. Paarige Strahltheilung. Diradiatio artia	Vierzählige Phanerogamen-Blüthensprosse. Die meisten Coelenteraten.
			6. Unpaarige Strahltheilung. Diradiatio anartia	Die meisten Blüthensprosse der Phanerogamen. Die meisten Echinodermen.
	b) Knospung **Gemmatio** (Spaltung ohne Vernichtung des zeugenden Individuums)	I. Aeussere Knospenbildung. Gemmatio externa	1. Endknospenbildung. Gemmatio terminalis	Internodien der Phanerogamen. Strobila der Cestoden.
			2. Seitenknospenbildung. Gemmatio lateralis	Axillarknospen der Phanerogamen und Bryozoen.
		II. Innere Knospenbildung. Gemmatio interna	3. Innere Knospung ohne Knospenzapfen. Gemmatio coeloblasta	Medusen, z. B. Aegineta prolifera.
			4. Innere Knospung an einem Knospenzapfen. Gemmatio organoblasta	Salpa. Carmarina (Geryonia).
B. Ungeschlechtliche Zeugung durch Keimbildung. **Sporogonia**. Generatio sporipara	I. Keimknospenbildung. Polysporogonia. Product der Keimbildung eine Mehrheit von Plastiden (Polyspora).		1. Fortschreitende Keimknospenbildung. Polysporogonia progressiva	Distomeen. Gyrodactylus. Infusorien.
			2. Rückschreitende Keimknospenbildung. Polysporogonia regressiva	Gemmulae der Spongien.
	II. Keimplastidenbildung. Monosporogonia. Product der Keimbildung eine einzelne Plastide (Monospora).		3. Fortschreitende Keimplastidenbildung. Monosporogonia progressiva	Algen. Rhizopoden. Protoplasten.
			4. Rückschreitende Keimplastidenbildung. Monosporogonia regressiva. Parthenogonia (pro parte?)	Chara crinita. Coelebogyne. Aphis. Apis. Coccus.

III. System der geschlechtlichen Fortpflanzungsarten.

I. Hermaphroditismus der sechs Individualitäts-Ordnungen.

Verschiedene Formen der Geschlechtsvertheilung.	Beispiele aus dem Pflanzenreiche.	Beispiele aus dem Thierreiche.
1. Hermaphroditismus der Plastiden (Zwitterbildung erster Ordnung).	{Conjugatae? (Desmidiaceae. Zygnemaceae)}	{(Gregarinae, Protista!!)? Infusoria?}
2. Hermaphroditismus der Organe (Zwitterbildung zweiter Ordnung).	Einige Rhizocarpeen (Pilularia, Marsilea).	Synapta, Gasteropoda pulmonata.
3. Hermaphroditismus der Antimeren (Zwitterbildung dritter Ordnung)	Die meisten zwitterigen Phanerogamen, z. B. Liliaceen, Primulaceen.	Die meisten zwitterigen Thiere, z. B. Trematoden, Cirripedien.
4. Hermaphroditismus der Metameren (Zwitterbildung vierter Ordnung).	Sehr wenige zwitterige Phanerogamen, z. B. Canna.	Die meisten zwitterigen Thiere, z. B. Trematoden, Cestoden, Planarien, Mollusken.
5. Hermaphroditismus der Prosopen (Zwitterbildung fünfter Ordnung). (Monoclinia.)	Die meisten zwitterigen Phanerogamen, z. B. Liliaceen, Primulaceen.	Wenige zwitterige Thiere, z. B. Tardigraden, Cirripedien.
6. Hermaphroditismus der Cormen (Zwitterbildung sechster Ordnung). (Monoecia.)	Viele Bäume (Betula, Quercus). Viele Wasserpflanzen (Myriophyllum, Typha).	Wenige Corallenstöcke (Anthozoen). Die meisten Siphonophorenstöcke.

II. Gonochorismus der sechs Individualitäts-Ordnungen.

1. Gonochorismus der Plastiden (Geschlechtstrennung erster Ordnung).	Die meisten (alle?) sexuell differenzirten Pflanzen.	Die meisten (alle?) sexuell differenzirten Thiere.
2. Gonochorismus der Organe (Geschlechtstrennung zweiter Ordnung).	Die meisten sexuell differenzirten Pflanzen.	Die meisten sexuell differenzirten Thiere.
3. Gonochorismus der Antimeren (Geschlechtstrennung dritter Ordnung).	Einige zwitterige Phanerogamen, z. B. Canna.	Einige Anthozoen mit alternirend männlichen u. weiblichen Antimeren
4. Gonochorismus der Metameren (Geschlechtstrennung vierter Ordnung).	Die meisten Phanerogamen, z. B. Liliaceen, Primulaceen.	Sagitta. Die meisten Mollusca cephalota. (Alle Cephalopoden etc.)
5. Gonochorismus der Prosopen (Geschlechtstrennung fünfter Ordnung). (Diclinia.)	Alle monoecischen und dioecischen Phanerogamen.	Die meisten Vertebraten und Arthropoden (ausgenommen Tardigraden und Cirripedien.)
6. Gonochorismus der Cormen (Geschlechtstrennung sechster Ordnung). (Dioecia.)	Viele Bäume (Salix, Populus). Viele Wasserpflanzen (Hydrocharis, Vallisneria).	Die meisten Corallenstöcke (Anthozoen). Wenige Siphonophorenstöcke (z. B. Diphyes quadrivalvis).

IV. Verschiedene Functionen der Entwickelung.

„Die Entwickelungsgeschichte des Individuums ist die Geschichte der wachsenden Individualität in jeglicher Beziehung.“ In diesen wenigen treffenden Worten spricht Bär das allgemeinste Resultat seiner classischen Untersuchungen und Beobachtungen über die Entwickelungsgeschichte der Thiere aus (l. c. S. 263). In der That ist das Wachsthum der Individuen diejenige organische Function, welche den wichtigsten Entwickelungsvorgängen zu Grunde liegt. Selbst die Zeugung, mit der jede individuelle Entwickelung beginnt, ist im Grunde, wie wir sahen, unmittelbar mit dem Wachsthum zusammenhängend und in den allermeisten Fällen (die Generatio spontanea ausgenommen) die directe Folge des Wachsthums über das individuelle Maass hinaus. Obgleich wir also allgemein das Wachsthum als die bedeutendste Fundamentalfunction der ontogenetischen Processe bezeichnen können, müssen wir dennoch, wenn wir den Begriff der Ontogenesis in dem weitesten oben festgestellten Umfange fassen, und nicht nur die Anaplase, sondern auch die Metaplase und Cataplase darunter verstehen wollen, neben dem Wachsthum noch einige andere organische Functionen unterscheiden, welche zwar ebenfalls Ernährungsvorgänge sind und schon als solche mit demselben zusammenhängen, aber doch wesentlich von ihm verschieden sind. Es sind dies namentlich die Erscheinungen der Differenzirung, welche wir im neunzehnten Capitel noch eingehender betrachten werden, und die Vorgänge der Degeneration oder Entbildung. Wir können demnach allgemein als verschiedene „Functionen der Ontogenesis“ folgende vier Processe unterscheiden: 1) die Zeugung; 2) das Wachsthum im engeren Sinne; 3) die Differenzirung; 4) die Degeneration. Alle vier Processe, auf welche sich sämmtliche übrigen ontogenetischen Vorgänge zurückführen lassen, sind physiologische, d. h. physikalisch-chemische Functionen, welche unmittelbar mit der allgemeinen organischen Fundamentalfunction der Ernährung zusammenhängen.

1. Die Zeugung (Generatio).

Die Entstehung des organischen Individuums durch Zeugung ist der erste und fundamentalste Process, mit welchem jede individuelle Entwickelung beginnt. Da wir ihre verschiedenen Formen im Vorhergehenden bereits betrachtet haben, so heben wir hier bloss nochmals hervor, dass die Zeugung nicht allein als der erste Entstehungsakt die Ontogenesis jedes organischen Individuums einleitet, sondern auch das Wachsthum der Individuen zweiter und höherer Ordnung dadurch bewirkt, dass beständig die Individuen erster Ordnung, welche dieselben zusammensetzen, durch wiederholte Zeugungsakte sich vermehren.

2. Das Wachsthum (Crescentia).

Das Wachsthum im engeren Sinne (Crescentia) zeigt sich äusserlich allgemein in einer Grössenzunahme des Individuums, einer totalen oder partiellen Vermehrung seines Volums und seiner Masse. Das innere Wesen dieser unmittelbar mit der Ernährung zusammenhängenden Function haben wir bereits im fünften Capitel eingehend erläutert (Bd. I, S. 141—149). Wir führten dort aus, dass das Wachsthum sowohl der organischen als der anorganischen Individuen wesentlich darin beruht, dass das vorhandene Individuum, ein festflüssiger oder fester Körper, als Attractionscentrum wirksam ist, und aus einer umgebenden Flüssigkeit bestimmte Moleküle anzieht, welche in dieser gelöst sind, und welche er aus dem flüssigen in den festflüssigen Aggregatzustand überführt. Die Anziehung der Moleküle geschieht mit einer bestimmten, durch die chemische Wahlverwandtschaft des Körpers bedingten Auswahl. Das Wachsthum der organischen und anorganischen Individuen ist durchaus analog und beruht in beiden Fällen auf den physikalischen Gesetzen der Massenbewegung, Anziehung und Abstossung. Der wesentliche Unterschied im Wachsthum beider Gruppen von Naturkörpern besteht darin, dass das Wachsthum des festflüssigen organischen Individuums durch Intussusception nach innen, dasjenige des festen anorganischen Individuums (Krystalls) durch Apposition von aussen erfolgt. Wenn wir im Folgenden vom Wachsthum im engsten Sinne, oder vom „einfachen Wachsthum" (Crescentia simplex) der Organismen sprechen, so verstehen wir darunter lediglich diesen Process, die Vergrösserung (Volumvermehrung) durch Aufnahme neuer Moleküle. Diese einfache Wachsthumsfunction wird eigentlich nur von den Individuen erster Ordnung (Plastiden) geübt. Denn das Wachsthum aller Individuen zweiter und höherer Ordnung ist erst das mittelbare Resultat des einfachen Wachsthums der Individuen erster Ordnung, und kann insofern als „zusammengesetztes Wachsthum" (Crescentia composita) unterschieden werden, als es stets auf einer Verbindung der beiden angeführten Entwickelungsfunctionen, Zeugung und Wachsthum der Plastiden, beruht. Wir können es daher als allgemeines Gesetz aussprechen, dass das Wachsthum der morphologischen Individuen erster Ordnung ein directes oder einfaches, das Wachsthum der morphologischen Individuen zweiter und höherer Ordnung dagegen ein indirectes oder zusammengesetztes ist, zusammengesetzt aus den beiden zusammenwirkenden Functionen der Zeugung und des Wachsthums der constituirenden Plastiden. Obwohl die Entwickelungsfunction des Wachsthums vorzugsweise in dem Stadium der Anaplase wirksam erscheint, setzt dieselbe dennoch ihre Thätigkeit auch noch während der Stadien der Metaplase und Cataplase beständig fort, da

die Deckung der Substanzverluste, welche durch die Lebensfunctionen herbeigeführt werden, in letzter Instanz immer wieder durch die Ernährung und das Wachsthum der Plastiden bewirkt wird.

3. Die Differenzirung (Divergentia) oder Arbeitstheilung (Polymorphismus).

Die dritte wichtige Fundamentalfunction, welche bei der Entwickelung der organischen Individuen wirksam ist, und auf welcher alle höhere Entwickelung, alle Vervollkommnung derselben beruht, bezeichnet man allgemein mit dem Namen der Differenzirung oder Arbeitstheilung. Man versteht bekanntlich unter diesem wichtigen Processe ganz im Allgemeinen eine Hervorbildung ungleichartiger Theile aus gleichartiger Grundlage, welche durch Anpassung derselben an ungleiche Existenzbedingungen bewirkt wird. Im neunzehnten Capitel werden wir die Divergenz des Charakters, welche dieser ungleichartigen Entwickelung von ursprünglich gleichartigen Theilen zu Grunde liegt, näher zu erläutern und auf die Gesetze der Anpassung und Vererbung zurückzuführen haben. Hier sei daher nur so viel bemerkt, dass wir den Begriff der Differenzirung im weitesten Sinne fassen. Gewöhnlich wird derselbe nur auf die Bionten oder physiologischen Individuen angewandt. Wie wir aber das Verständniss von deren Entwickelung nur dadurch erlangen können, dass wir die Ontogenesis der morphologischen Individuen aller Ordnungen erkennen, so verstehen wir auch den Polymorphismus der Bionten nur dadurch, dass wir die Differenzirung aller untergeordneten Individualitäten erkennen, welche die höheren zusammensetzen. Ja wir gehen noch weiter, und leiten die divergente Entwickelung der Individuen erster Ordnung, der Plastiden, von einer Arbeitstheilung der Eiweissmoleküle des Plasma ab, welches die active Plastiden-Substanz bildet. Wir führen mit einem Wort die morphologische und physiologische Differenzirung auf die chemische Arbeitstheilung der Moleküle zurück. Aus diesem Molekularvorgang resultiren alle höheren Differenzirungs-Processe, welche die divergente Entwickelung der vollkommenen Organismen möglich machen. So allgemein nun auch diese Function in der ganzen organischen Welt und ganz besonders bei der Metaplase wirksam ist, so ist es doch sehr bemerkenswerth, dass bei den einfachsten Organismen, den Moneren, dieselbe fehlt. Bei diesen homogenen und structurlosen Protisten, welche sich zunächst an die Krystalle anschliessen, beschränkt sich die Ontogenesis auf die beiden Functionen der Zeugung und des Wachsthums, ohne dass eine Differenzirung eintritt. Die Moneren schliessen sich in dieser, wie in mehreren anderen Beziehungen näher an die anorganischen Krystalle, als an die übrigen Organismen an (vergl. das fünfte Capitel).

4. Die Entbildung (Degeneratio).

Unter Entbildung oder Degeneration verstehen wir hier diejenige Veränderung der organischen Individuen, deren Resultat eine Beschränkung oder Verminderung oder eine gänzliche Vernichtung ihrer physiologischen Function zur Folge hat, und welche sich stets auch in entsprechenden morphologischen Veränderungen ihrer Form und oft in Verminderung ihres Volums kundgiebt. Es ist dieser Process also dem des Wachsthums gewissermaassen entgegengesetzt und wie das letztere die Grundlage der Anaplase, so bildet die Degeneration das Fundament der Cataplase. Wir betrachten die Rückbildung, welche oft der Entwickelung im engeren Sinne geradezu entgegengesetzt wird, dennoch als einen Theil derselben, da wir oben gezeigt haben, dass sich diese Vorgänge nicht scharf trennen lassen, und dass die vollständige Ontogenie alle Stadien der individuellen Existenz zu begreifen hat. Wir nennen die Degeneration, welche oft auch als „Rückbildung" bezeichnet wird, „Entbildung", um sie scharf von der eigentlichen Rückbildung oder Cataplase zu unterscheiden, von der sie nur einen Theil darstellt. Die Rückbildung betrifft den ganzen Organismus in seiner Totalität, die Entbildung nur einzelne Theile desselben. Durch den Abschluss der Rückbildung wird die Existenz des organischen Individuums vernichtet, durch den Abschluss der Entbildung dagegen nicht; vielmehr verliert dasselbe durch letztere nur einzelne Theile. Jede Entbildung eines Individuums zweiter oder höherer Ordnung ist verbunden mit einer Rückbildung einer Anzahl von Individuen erster Ordnung (Plastiden), welche das erstere zusammensetzen. Aber nicht jede Entbildung einer Plastide ist zugleich ihre Rückbildung. Es kann z. B. eine einzelne, stark differenzirte Pflanzenzelle einen Entbildungs-Process (z. B. Verlust bestimmter Fortsätze oder Inhaltstheile der Zelle) vollständig von Anfang bis zu Ende durchmachen, ohne dass dadurch ihre Rückbildung eintritt. Wir müssen also diese beiden Processe, die totale Rückbildung des Bionten und seine partielle Entbildung wohl unterscheiden, wenngleich immer die Rückbildung der Individuen zweiter und höherer Ordnung auf einer Entbildung eines Theiles ihrer constituirenden Plastiden beruht. Im Ganzen sind die Vorgänge der Entbildung oder Degeneration noch sehr wenig untersucht, da man sie meistens gar nicht als Theile der Entwickelungsgeschichte betrachtet hat. Nur in der pathologischen Physiologie des Menschen, wo sie von grosser praktischer Bedeutung sind, haben dieselben eine eingehendere Untersuchung (besonders von Virchow) erfahren. Es gehören dahin besonders die Processe der fettigen Degeneration, der Erweichung, Verkalkung, amyloiden Degeneration etc., kurz alle diejenigen, welche man als Necrobiose zusammengefasst hat. Bei den Pflanzen gehö-

ren dahin die Verdickungen der Zellwände, die Bildung der lufthaltigen Spiralgefässe durch Verschmelzung und Degeneration von Zellen etc. Für die Cataplase und namentlich auch für die regressive Metamorphose im engeren Sinne sind diese Vorgänge der Degeneration von der grössten Bedeutung und verdienen ein weit eingehenderes Studium, als ihnen bisher zu Theil geworden ist.

Werfen wir nach dieser kurzen Uebersicht der vier verschiedenen Functionen der individuellen Entwickelung auf dieselbe noch einen vergleichenden Rückblick, so sehen wir, dass dieselbe im Grossen und Ganzen den verschiedenen Stadien der individuellen Entwickelung entsprechen, so jedoch, dass gewöhnlich keine der ersteren ausschliesslich für sich allein eines der letzteren bildet. Es betheiligt sich die Zeugung und das Wachsthum vorzugsweise an der Anaplase, die Differenzirung vorzugsweise an der Metaplase und die Degeneration vorzugsweise an der Cataplase. Eine genauere Betrachtung der drei Entwickelungsstadien wird uns dies noch bestimmter nachweisen.

V. Verschiedene Stadien der Entwickelung.

1. Anaplasis oder Aufbildung (Evolutio).

(Aetas juvenilis. Juventus. Adolescentia. Jugendalter.)

Wir haben oben (S. 18) im Allgemeinen drei Stadien oder Perioden der individuellen Entwickelung unterschieden, die Aufbildung, Umbildung und Rückbildung, und werden nun versuchen, den Charakter derselben etwas schärfer zu bestimmen. Das erste Stadium derselben, die Aufbildung oder Anaplase, ist dasjenige, welches der Entwickelung (Evolutio) im gewöhnlichen Sinne des Wortes entspricht. Es umfasst die aufsteigende oder fortschreitende Reihe von Formveränderungen, welche das organische Individuum von dem Momente seiner Entstehung an bis zur erlangten Reife durchläuft. Im weiteren Sinne kann man diese Periode als das Jugendalter (Juventus, Aetas juvenilis) des Individuums bezeichnen. Auch der Ausdruck Adolescentia wird dafür gebraucht, der aber deshalb zweideutig ist, weil er von Anderen (nicht mit Recht) zur Bezeichnung des reifen Alters (Maturitas) verwandt wird.

Die Entwickelungsfunctionen, welche das Stadium der Anaplase vorzugsweise charakterisiren, sind die Vorgänge der Zeugung und des Wachsthums. Wie diese beiden Processe mit der Ontogenese aller organischen Individuen ohne Ausnahme verbunden sind, so ist auch das Aufbildungsalter das einzige, welches allen Organismen ohne Ausnahme zukömmt. Bei den niedersten Organismen, den Moneren, beschränkt sich die gesammte Entwickelung des Individuums auf diese beiden Functionen, auf seine Entstehung durch Zeugung (entweder Ar-

chigonie oder Monogonie) und auf sein Wachsthum. Hierin stimmen diese einfachsten Bionten wesentlich mit den Krystallen überein, deren Entwickelung ebenfalls auf die beiden Momente ihrer Entstehung (durch einen der Archigonie ganz analogen Vorgang) und ihres Wachsthums beschränkt bleibt. Bei den allermeisten Organismen kömmt aber später noch die dritte Function der Differenzirung hinzu, durch welche das anfangs gleichartige Individuum in ein ungleichartiges umgewandelt wird. Diese Differenzirung tritt schon bei den meisten derjenigen Organismen ein, welche zeitlebens auf der niedersten morphologischen Stufe der Plastide stehen bleiben. Sie erreicht aber ihre eigentliche Bedeutung und eine entschiedenere Wirksamkeit erst dann, wenn durch Synusie von mehreren Plastiden ein Form-Individuum zweiter oder höherer Ordnung entsteht.

Die relative Ausdehnung und Bedeutung des Jugendalters ist bei den Individuen verschiedener Ordnung und bei den Bionten verschiedener Stämme und Klassen ausserordentlich verschieden und man kann daher nicht allgemein bestimmte untergeordnete Perioden desselben unterscheiden. Bei denjenigen Individuen, welche durch geschlechtliche Zeugung entstehen, zerfällt dasselbe stets in die beiden Abschnitte der embryonalen Jugend und der freien Jugend. So lange das jugendliche Individuum in den Eihüllen eingeschlossen ist, heisst es Embryo, sobald es dieselben verlassen hat, entweder Junges (Juvenis, Pullus) oder Larve (Larva); letzteres, wenn es noch eine wirkliche Metamorphose (durch Abwerfen provisorischer Theile) durchzumachen hat, ersteres, wenn dies nicht der Fall ist. Bei denjenigen Individuen, welche sich mit Metamorphose entwickeln, kommt also auch die vierte Entwickelungsfunction, die Degeneration zur Geltung, indem lediglich durch diesen Process der Verlust der provisorischen Theile oder Larven-Organe bedingt wird. Sonst ist die Entbildung oder Degeneration diejenige von den vier ontogenetischen Functionen, welche am wenigsten von allen bei der Anaplase in Wirkung tritt.

Bei sehr zahlreichen organischen Individuen ist das Stadium der Anaplase das einzige Entwickelungsstadium, welches sie durchlaufen, da sie weder zur Reife, noch zur Rückbildung gelangen. Solche Individuen sind z. B. die Furchungskugeln, die Embryonalzellen und überhaupt alle in lebhafter Vermehrung begriffenen Plastiden. Aber auch viele Individuen höherer Ordnung giebt es, welche weder einer Metaplase noch einer Cataplase unterworfen sind, und bei denen mithin die ganze Zeit der individuellen Existenz sich auf das Jugendalter beschränkt. Dies ist z. B. der Fall bei allen Individuen, welche, sobald sie durch Wachsthum eine bestimmte Grenze erreicht haben, sich theilen und durch Zerfall in mehrere neue Individuen untergehen. Insbesondere ist dies bei den niederen Organismen sehr allgemein der Fall.

Aber auch die meisten Pflanzen, selbst die höchst entwickelten, sind den meisten Thieren gegenüber dadurch ausgezeichnet, dass sehr Viele von ihren Individualitäten (besonders die geschlechtslosen Sprosse und die Stöcke) ein unbegrenztes Wachsthum besitzen und also nie eigentlich in das Reife-Alter übertreten. Bei den Thieren sind viele niedere Formen durch die relativ bedeutendere Länge der Juventus ausgezeichnet.

2. Metaplasis oder Umbildung (Transvolutio).

(Maturitas. Adultas. Aetas matura. Reifealter.)

Das mittlere der drei individuellen Entwickelungsstadien, die Periode der Reife oder Maturität, ist, wie wir schon oben zeigten, in keiner allgemein gültigen Weise scharf von den beiden anderen zu trennen. Einerseits geht es ebenso allmählig aus dem Jugendalter hervor, wie es sich andererseits in das Greisenalter verliert. Allgemein kann man nur den Abschluss des Wachsthums als den bezeichnenden Beginn der Reife ansehen. Der Organismus gilt meistens für „reif" oder „vollendet", wenn er „ausgewachsen" ist. Bei den geschlechtlich entwickelten Organismen pflegt man aber als das eigentliche Kriterium des Reifealters die Fortpflanzungsfähigkeit anzusehen, die vollständige Ausbildung der Geschlechtstheile oder die Geschlechtsreife. Wir haben indess schon oben (S. 19) gezeigt, dass dieses Kriterium zwar in vielen Fällen, aber keineswegs allgemein anwendbar ist, da sehr häufig der Abschluss des Wachsthums nicht mit der Geschlechtsreife zusammenfällt. Viele Thiere (z. B. Coelenteraten) und noch mehr Pflanzen (aus vielen Gruppen) pflegen sich sowohl geschlechtlich als ungeschlechtlich schon lange fortzupflanzen, ehe ihr Wachsthum seine Grenze erreicht hat; andere umgekehrt erst längere Zeit, nachdem schon diese Grenze überschritten ist. Ueberdies giebt es zahlreiche organische Individuen, die sich niemals fortpflanzen, und die dennoch ein entschiedenes Alter der Reife erreichen. Wollen wir daher anders den Begriff der Maturität irgendwie scharf gegen den der Juventus abgrenzen, so müssen wir sagen: das organische Individuum (aller Ordnungen) ist reif, sobald es ausgewachsen ist, sobald es seine volle individuelle Grösse erreicht hat.

Nicht minder schwierig, meistens sogar noch weit schwieriger, ist andererseits die Abgrenzung des Reifealters von dem der Rückbildung. Auch hier hat man bei denjenigen Individuen, welche sexuell differenzirt sind, besonders das Aufhören der Geschlechtsthätigkeit als den Beginn der Cataplase betrachtet. Indessen ist hier dieses Kriterium noch weniger anwendbar, da viele Organismen noch die volle Zeugungsfähigkeit besitzen, während bereits entschiedene Rückbildung eingetreten ist, andere umgekehrt dieselbe schon lange vorher verlieren. Al[illegible] erleiden viele Individuen eine Rückbildung, welche niemals geschlech[illegible]

reif werden, und andere verlieren ihre Zeugungsfähigkeit, ohne sich rückzubilden. Hier scheint also nichts Anderes übrig zu bleiben, als das Ende der Reife und den Beginn der Rückbildung durch das Auftreten von entschiedenen Degenerations-Processen einzelner integrirender Bestandtheile zu bestimmen, welche an dem ausgebildeten Organismus in voller Function waren.

Die Entwickelungsfunction, welche das Stadium der Metaplase vorzugsweise charakterisirt, ist die Differenzirung. Wie das Wachsthum für die Anaplase, wie die Degeneration für die Cataplase, so ist die Differenzirung der Theile für die Metaplase das vorzugsweise charakteristische Moment, und strenggenommen die einzige plastische Function derselben, welche dem Individuum selbst zu Gute kommt. Wenn die Ernährungsvorgänge, welche das Wachsthum veranlassen, während der Metaplase noch fortdauern, so führen dieselben nicht mehr zur Vergrösserung des Individuums, sondern zu seiner Fortpflanzung, zur Erzeugung neuer Individuen, und diese Thätigkeit erscheint, wie bemerkt, bei sehr vielen (aber nicht bei allen!) organischen Individuen zunächst als die am meisten auffallende Aeusserung der Reife. Man kann also sagen, dass zwar das Wachsthum an dem reifen und „ausgewachsenen" Individuum noch fortdauert, aber nicht mehr eine Volumvermehrung desselben, sondern nur eine Ablösung der überschüssigen Wachsthumsproducte, eine Abspaltung der Keime von neuen Individuen zur Folge hat. Eigentliche Degenerationsvorgänge sind im Alter der Reife unter normalen (nicht pathologischen) Verhältnissen gewöhnlich ausgeschlossen und ihr Eintreten bezeichnet bereits den Beginn der Cataplase.

Das Maturitäts-Stadium tritt, wie schon bemerkt, keineswegs bei allen organischen Individuen ein, fehlt vielmehr allgemein da, wo die individuelle Existenz mit dem Abschluss des Wachsthums selbst beendigt ist. Die Zeitdauer der Reife steht bei den höheren Thieren häufig (aber nicht immer) in einem gewissen Verhältniss zur Vollkommenheit derselben, so dass die Maturität, gegenüber der Juventus und Senectus, um so länger dauert, je vollkommener das Thier ist. Anderemale nimmt aber auch bei sehr vollkommenen Organismen die Anaplase einen weit längeren Zeitraum in Anspruch, als die Metaplase, so z. B. bei sehr vielen metabolen Insecten.

3. Cataplasis oder Rückbildung (Involutio).

(Senilitas. Aetas senilis. Defloreseentia. Decrescentia. Greisenalter.)

Das letzte der drei individuellen Entwickelungsstadien, die Periode der Abnahme oder Rückbildung, ist dasjenige, welches im Allgemeinen die geringste Bedeutung hat und daher bis jetzt auch nur sehr wenig sowohl in physiologischer als morphologischer Beziehung berücksichtigt

ist. Bei sehr vielen organischen Individuen fehlt es ganz und nur bei verhältnissmässig wenigen nimmt dasselbe eine längere Zeit der individuellen Existenz ein. Dennoch kann man dasselbe in vielen Fällen deutlich als einen besonderen letzten Lebensabschnitt unterscheiden, und bei vielen höher entwickelten Organismen ist es von nicht geringer physiologischer Bedeutung und sein Verlauf sowohl für die richtige Beurtheilung der allgemeinen Lebensvorgänge, wie der partiellen Degenerationserscheinungen, von hohem Interesse.

Der Charakter des Greisenalters liegt im Allgemeinen in einer Abnahme theils der gesammten Lebensthätigkeit des Individuums, theils besonderer physiologischer Leistungen und namentlich der Fortpflanzungsfunctionen. Mit dieser Decrescenz der Functionen geht eine entsprechende rückschreitende Veränderung auch der Formverhältnisse Hand in Hand, welche allerdings oft mehr im Allgemeinen zu bemerken, als im Einzelnen scharf nachzuweisen ist. Doch können wir das morphologische Kriterium für den Beginn der Deflorescenz und ihre Abgrenzung von dem Reifealter nur darin finden, dass Degenerationsprocesse an einzelnen Theilen des Individuums auftreten, welche an dem erwachsenen Organismus sich beständig in ihrer Integrität erhalten hatten. Es ist also ganz besonders die Entwickelungsfunction der Entbildung oder Degeneration, welche für dieses dritte und letzte Hauptstadium der individuellen Entwickelung charakteristisch ist. Das Individuum, welches während der Metaplase lediglich in Differenzirungs- und Fortpflanzungsprocessen sich bewegt hatte, beginnt die Cataplase mit dem Eintritt degenerativer Processe in einzelnen Theilen. Bei der menschlichen Person, wo wir das Greisenalter besonders genau kennen, sind es insbesondere fettige und kalkige Degenerationen, Erweichungen und Verhärtungen der Gewebe etc., welche in den verschiedensten Organen das Signal der beginnenden Rückbildung, des Greisenalters geben. Das Wachsthum und die Zeugungsfähigkeit haben schon vorher aufgehört oder dauern doch nur kurze Zeit fort. Selten ist aber die Grenze zwischen den beiden Perioden der Reife und der Decrescenz scharf zu ziehen, und bei sehr vielen Organismen können wir letztere als besondere Periode schon deshalb nicht unterscheiden, weil bereits unmittelbar mit dem Aufhören des Wachsthums oder mitten in der vollen Reife plötzlich die Vernichtung der individuellen Existenz eintritt, entweder durch Selbsttheilung oder durch den Tod.

Sämmtliche Formveränderungen der organischen Individuen, welche während der Cataplase auftreten, sind ebenso wie alle Formveränderungen, welche während der Metaplase und Anaplase vor sich gehen, die nothwendigen Wirkungen von physiologischen Ernährungsveränderungen, und als solche auf mechanische, physikalisch-chemische Ursachen zurückführbar. Der specielle Verlauf jener ontogenetischen

Formveränderungen wird mit causaler Nothwendigkeit durch den Verlauf der Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung bedingt, welche die paläontologische Entwickelung der Vorfahren des Individuums bestimmte und leitete.

VI. Verschiedene Arten der Zeugungskreise.

In den vorhergehenden drei Abschnitten dieses Capitels haben wir die verschiedenen Formen der Zeugung, die verschiedenen Functionen der Ontogenesis und die verschiedenen Stadien derselben kennen gelernt, und es erübrigt nun noch, einen Ueberblick über die verschiedenen Zeugungskreise zu gewinnen, welche durch die mannichfaltigsten Combinationen der verschiedenen Zeugungs- und Entwickelungsarten bei den verschiedenen Individualitäten zu Stande kommen.

Als Zeugungskreis (Cyclus generationis) haben wir oben die genealogische Individualität erster Ordnung bezeichnet, den geschlossenen Kreis oder die volle Summe aller der organischen Formen, welche aus einem einzigen physiologischen Individuum hervorgehen, von dem Zeitpunkte an, wo dasselbe erzeugt wurde, bis zu dem Zeitpunkte, wo dasselbe selbst wieder die gleiche organische Form entweder direct oder indirect (durch Einschaltung verschiedener Generationen) erzeugt hat. Diese geschlossene Entwickelungseinheit, eine ringförmige Kette von Formzuständen, deren Ausgangspunkt und Ende gleich ist, erscheint für uns von grosser Bedeutung als die concrete Grundlage der höheren Entwickelungseinheit, welche wir Art oder Species nennen. Der Zeugungskreis ist diejenige individuelle Einheit (das genealogische Individuum erster Ordnung), aus deren Vielheit die höhere Einheit der Art oder Species (das genealogische Individuum zweiter Ordnung) zusammengesetzt ist. In dieser Beziehung ist auch der Zeugungskreis von einigen Autoren nicht passend als „Artindividualität“ bezeichnet worden. Dieser Ausdruck muss der Species selbst vorbehalten bleiben, während man den Zeugungskreis, um jenes Verhältniss auszudrücken, das Glied der Art nennen könnte. In der That setzt sich die genealogische Einheit der Species in ganz ähnlicher Weise aus einer Vielheit von subordinirten Zeugungskreisen zusammen, wie die morphologische Einheit der Person aus einer Vielheit von subordinirten Gliedern oder Metameren.

Wir haben oben im Allgemeinen zwei verschiedene Hauptformen von Zeugungskreisen oder Generationscyclen aufgestellt, welche sich durch den Mangel oder die Anwesenheit der geschlechtlichen Differenzirung unterscheiden. Diejenige einfachere Hauptform der Zeugungskreise, welche bloss aus Wachsthumsvorgängen und einem einzigen ungeschlechtlichen Zeugungsakt, oder aber aus einer Reihe von unge-

schlechtlichen Zeugungsakten zusammengesetzt ist, haben wir den Spaltungskreis oder das Spaltungsproduct benannt (Cyclus monogenes), und den Entwickelungsvorgang innerhalb desselben Monogenesis oder Entwickelung mit ausschliesslich monogener Zeugung. Die entgegengesetzte höhere Hauptform der Zeugungskreise, welche stets von einem geschlechtlichen Zeugungsakte ausgeht und zu diesem zurückkehrt, haben wir als Eikreis oder Eiproduct (Cyclus amphigenes) unterschieden, und den Entwickelungsprocess innerhalb desselben als Amphigenesis oder Entwickelung mit geschlechtlicher Zeugung. Indem wir von diesem Hauptunterschiede in der Entstehung der Zeugungskreise ausgehen, können wir unter jeder der beiden Hauptformen vier untergeordnete Formen von Generationscyclen unterscheiden. Der monogene Zeugungskreis zerfällt in die beiden Entwickelungsarten der Schizogenese und Sporogenese, je nachdem er mit einfacher Spaltung (Theilung oder Knospenbildung) oder mit Sporenbildung abschliesst. Unter beiden Genesis-Arten können wir wieder als zwei Unterarten die monoplastide und die polyplastide trennen, je nachdem die reife Speciesform (das zeugungsfähige Bion) eine einfache Plastide (Form-Individuum erster Ordnung) oder einen Plastiden-Complex (Form-Individuum zweiter Ordnung) darstellt. Der amphigene Zeugungskreis zerfällt ebenfalls in zwei untergeordnete Entwickelungsarten, die Metagenese (mit Generationswechsel) und die Hypogenese (ohne Generationswechsel). Unter der Metagenese unterscheiden wir die beiden subordinirten Formen des productiven und des successiven Generationswechsels, je nachdem der amphigene Cyclus aus mehr als zwei, oder nur aus zwei Bionten besteht. Unter der Hypogenese endlich, bei welcher der Eikreis nur durch ein einziges Bion gebildet wird, können wir als zwei untergeordnete Formen die metamorphe und die epimorphe Hypogenese unterscheiden, erstere mit, letztere ohne postembryonale Metamorphose.

Indem wir auf den folgenden Seiten eine systematische Uebersicht und eine allgemeine Charakteristik der verschiedenen Arten der Zeugungskreise zu geben versuchen, erinnern wir ausdrücklich daran, dass die ontogenetischen Erscheinungen, welche den Inhalt der individuellen Entwickelungsgeschichte bei allen Organismen bilden, nur zu verstehen sind durch die Erkenntniss ihres causalen Zusammenhanges mit der parallelen Phylogenie, mit der Entwickelungsgeschichte des gesammten Stammes (Phylon), und speciell aller Vorfahren, von welchen das Individuum in continuirlicher Erbfolge abstammt. Die Reihe von Formveränderungen, welche den Zeugungskreis jedes individuellen Organismus constituiren, ist die kurze und schnelle Recapitulation der wichtigsten Formveränderungen, welche die gesammte Reihe seiner Vorfahren während ihrer langsamen paläontologischen Entwickelung in langen Zeiträumen durchlaufen hat.

VII. System der verschiedenen Arten der Zeugungskreise.

Monogenesis. Entwickelung ohne geschlechtliche Zeugung. Alle Bionten der Species entstehen durch ungeschlechtliche Zeugung. Generations-Cyclus ist ein Spaltungskreis (Cyclus monogenes).	**Schizogenesis.** Spaltungskreis oder Spaltproduct (Cyclus monogenes) durch Theilung oder Knospenbildung erzeugt.	Reifes, spaltungsfähiges Bion eine einfache Plastide.	**Schizogenesis monoplastidis.** Die einfachsten monoplastiden Protisten (Moneren, Protoplasten, Flagellaten, Diatomeen) und die einfachsten „einzelligen" Algen.
		Reifes, spaltungsfähiges Bion eine Plastiden-Colonie.	**Schizogenesis polyplastidis.** Viele polyplastide Protisten (Flagellaten, Diatomeen etc.) und einige „mehrzellige", nicht sporenbildende niedere Pflanzen.
	Sporogenesis. Spaltungskreis oder Spaltproduct (Cyclus monogenes) durch Sporenbildung erzeugt.	Reifes, sporenbildendes Bion eine einzige Plastide.	**Sporogenesis monoplastidis.** Viele monoplastide Protisten (Protoplasten, Acyttarien, Flagellaten) und „einzellige Pflanzen", z. B. Codiolum, Hydrocytium.
		Reifes, sporenbildendes Bion eine Plastiden-Colonie.	**Sporogenesis polyplastidis.** Viele polyplastide Protisten (Flagellaten, Radiolarien (?), Myxocystoden, Myxomyceten) und viele niedere Pflanzen (Desmidiaceen und andere Algen).
Amphigenesis. Entwickelung mit geschlechtlicher Zeugung. Entweder ein Theil der Bionten oder alle Bionten der Species entstehen durch geschlechtliche Zeugung. Generations-Cyclus ist ein Eikreis (Cyclus amphigenes).	**Metagenesis.** Eikreis oder Eiproduct (Cyclus amphigenes) aus zwei oder mehr Bionten zusammengesetzt.	Eikreis aus mehr als zwei Bionten zusammengesetzt.	**Metagenesis productiva.** Aphis, Daphniden, viele Würmer (Platyelminthen etc.), viele Mollusken (Tunicaten, Bryozoen), die meisten Hydromedusen, viele Cryptogamen, Phanerogamen mit Brutknospen.
		Eikreis aus zwei Bionten zusammengesetzt.	**Metagenesis successiva.** Die Mehrzahl der Echinodermen und einige Würmer (Pilidium-Nemertine, Actinotrocha-Sipunculide).
	Hypogenesis. Eikreis oder Eiproduct (Cyclus amphigenes) aus einem einzigen Bionten bestehend.	Postembryonale Entwickelung mit echter Metamorphose.	**Hypogenesis metamorpha.** Amphibien und einige Fische. Die Mehrzahl der Articulaten und Mollusken (Cochleen und Lamellibranchien).
		Postembryonale Entwickelung ohne echte Metamorphose.	**Hypogenesis epimorpha.** Alle allantoiden und die meisten anallantoiden Wirbelthiere. Cephalopoden. Ametabole Insecten. Wenige andere Wirbellose. Die meisten Phanerogamen. Einige Cryptogamen (Fucaceen etc.).

6*

VIII. Allgemeine Charakteristik der Zeugungskreise.

I. Monogenesis.

Entwickelung ohne Amphigonie.

(Ontogenesis der Spaltungsproducte.)

Der Zeugungskreis ist ein monogener Generationscyclus. Alle Bionten, welche die Species repräsentiren, entstehen durch ungeschlechtliche Fortpflanzung.

Die Bionten, welche die Species zusammensetzen, entwickeln niemals Geschlechtsorgane und pflanzen sich niemals durch befruchtete Eier fort. Das Spaltungsproduct oder der Spaltungskreis, die Formenreihe, welche die Species innerhalb ihres ungeschlechtlichen Fortpflanzungscyclus (von der vollständigen Spaltung bis zur vollständigen Spaltung oder von der Spore bis zur Spore) durchläuft, wird stets nur durch ein physiologisches Individuum (Bion) repräsentirt. Die Entwickelung ist entweder ausschliessliches Wachsthum, oder mit Differenzirung verbunden. Je nachdem der Fortpflanzungsprocess einfache Spaltung (Theilung oder Knospenbildung) oder Sporenbildung ist, unterscheiden wir Schizogenesis und Sporogenesis.

I, 1. Schizogenesis.

Entwickelung des Spaltungsproductes ohne Sporenbildung.

Monogene Entwickelung mit Spaltung (Theilung oder Knospenbildung) und mit einfachem oder zusammengesetztem Wachsthum, ohne Sporenbildung. Der monogene Zeugungskreis bildet ein einziges Bion erster oder höherer Ordnung.

Der Organismus, welcher entweder einer einzigen oder einem Complex von mehreren Plastiden entspricht, pflanzt sich ausschliesslich durch einfache Spaltung (Theilung oder Knospenbildung) fort. Die dadurch erzeugten Theilstücke ergänzen sich durch Wachsthum zu der elterlichen Form, aus deren Spaltung sie entstanden sind. Ist die Spaltung stets vollständig, so sind die Bionten der Species Monoplastiden; ist sie abwechselnd unvollständig, so entstehen Polyplastiden.

1 A. Schizogenesis monoplastidis.

Monogene Entwickelung einer einfachen Plastide, mit einfachem Wachsthum. Fortpflanzung durch vollständige Spaltung. Der monogene Zeugungskreis bildet ein Bion erster Ordnung (eine einfache Plastide).

Die monoplastide Schizogenese ist die einfachste und ursprünglichste von allen verschiedenen Arten der Fortpflanzung und Entwickelung. Sie findet sich bloss bei den jetzt noch lebenden Organism

niederster Stufe vor, bei den Moneren, vielen einzelligen Protoplasten und Flagellaten, den einzelligen Diatomeen, vielleicht auch einigen einzelligen Algen. Die Fortpflanzung ist hier möglichst einförmig, indem sie stets beschränkt bleibt auf die einfache Selbsttheilung oder Knospenbildung der Individuen. Ebenso beschränkt sich die Entwickelung der durch Theilung entstandenen neuen Individuen auf einfaches Wachsthum bis zu dem Maasse, welches die Species vor der Theilung als erwachsenes Individuum besass. Diese einfachste Art der Zeugung und Entwickelung ist für uns insofern von besonderem Interesse, als sie höchst wahrscheinlich die ursprüngliche Fortpflanzungsweise der autogonen Moneren darstellt, aus denen sich zuerst alle organischen Phylen entwickelt haben. Eigentlich kann hier von Entwickelung kaum die Rede sein, da die einzige Veränderung des werdenden Organismus eine Grössenveränderung ist, die Form der Species aber in allen Stadien dieselbe bleibt. Mehr als alle anderen Organismen schliessen sich diese einfachsten Moneren den anorganischen Krystallen an, so auch darin, dass ihre Entwickelung bloss Wachsthum ist. Das physiologische Individuum (Bion) ist hier jederzeit nur ein einfachstes morphologisches Individuum erster Ordnung, eine einfache Cytode oder eine einfache Zelle.

1 B. Schizogenesis polyplastidis.

Monogene Entwickelung einer Plastiden-Colonie, mit zusammengesetztem Wachsthum und unvollständiger Spaltung. Fortpflanzung durch vollständige Spaltung. Der monogene Zeugungskreis bildet ein Bion zweiter oder höherer Ordnung.

Diese Form der Ontogenesis schliesst sich zunächst an die vorige an, und unterscheidet sich nur dadurch, dass die Theilung der einfachen Bionten nicht stets vollständig, sondern auch unvollständig ist, so dass dieselben zu einer Plastiden-Colonie vereinigt bleiben. Der einfachste derartige Fall findet sich bei den Monerenstöcken der Vibrioniden, welche durch Gliederung Ketten von vollkommen homogenen und structurlosen Gymnocytoden herstellen. Durch diese Articulation entstehen hier Individuen zweiter Ordnung, Plastiden-Colonieen, welche sich dadurch fortpflanzen, dass sich die einzelnen Glieder ablösen und selbstständig durch Articulation zu neuen Ketten entwickeln. Die Entwickelung besteht also auch hier wesentlich, wie bei der Schizogenese, in dem Wachsthum der homogenen Organismen und in der Kettenbildung durch unvollständige Theilung. Indessen kommt hier zu der einfachen Grössenveränderung doch schon die Formveränderung der Species, welche durch die Kettenbildung der einfachen Individuen selbst bewirkt wird. An die einfachste Form der Gemeindebildung bei den Moneren schliesst sich auch die Familienbildung derjenigen Diatomeen

an (*Bacillaria*, *Fragillaria* etc.), bei denen ebenfalls die durch unvollständige Theilung entstandenen Individuen vereinigt bleiben. Diese Plastiden-Gemeinden pflanzen sich einfach dadurch fort, dass die einzelnen Zellen-Individuen sich ablösen und durch abermalige unvollständige Theilung gleich wieder zu neuen Gemeinden entwickeln. Ausser bei den Protisten, bei welchen die polyplastide Schizogonie unter mehreren Stämmen sehr verbreitet ist, findet sich dieselbe auch noch bei niederen Pflanzen (Algen und Nematophyten) vor.

I, 2. Sporogenesis.

Entwickelung des Spaltungsproductes mit Sporenbildung.

Monogene Entwickelung mit Sporenbildung, mit einfachem oder zusammengesetztem Wachsthum, und mit Differenzirung. Der monogene Zeugungskreis bildet ein einziges Bion erster oder höherer Ordnung.

Der Organismus, welcher entweder einer einzigen oder einem Complex von mehreren Plastiden entspricht, erzeugt Keimkörner (Sporen), welche sich von ihm ablösen und sich durch Wachsthum und Differenzirung zu der elterlichen Form entwickeln. Die Spore ist meistens eine Monospore (eine einfache Plastide), seltener eine Polyspore (ein Plastiden-Complex).

2A. Sporogenesis monoplastidis.

Monogene Entwickelung einer einfachen Plastide, mit einfachem Wachsthum und Differenzirung. Fortpflanzung durch Sporenbildung. Der monogene Zeugungskreis bildet ein Bion erster Ordnung (eine einfache Plastide).

Die monoplastide Sporogenese scheint unter den einfachsten Organismen-Arten erster morphologischer Ordnung weit verbreitet zu sein. Sie besteht darin, dass Species, welche nicht den Rang der einfachen Plastide überschreiten, in ihrem Inneren Keimkörner (Sporen) erzeugen, welche aus der elterlichen Plastide heraustreten und sich ausserhalb derselben zu ihres Gleichen entwickeln. Da in diesem Falle die Keimkörner oder Sporen stets nicht allein an Grösse, sondern auch an Form von der elterlichen Plastide sich unterscheiden, so besteht hier die Entwickelung des Bionten nicht allein mehr in einer Veränderung der Grösse, sondern auch der Form. Mithin beschränkt sich die Ontogenese nicht auf ein einfaches Wachsthum, sondern ist mit einer Formveränderung verbunden, welche bereits den Namen der Differenzirung verdient. Wir finden diese einfache Sporogenese unter verschiedenen Stämmen sowohl des Protisten- als des Pflanzenreiches, unter den Protisten besonders bei den Protoplasten, Acyttarien, Flagellaten, unter den Pflanzen bei „einzelligen Algen“ (z. B. *Codiolum*, *Hydrocytium*).

2 B. Sporogenesis polyplastidis.

Monogene Entwickelung einer Plastiden-Colonie, mit zusammengesetztem Wachsthum, Differenzirung und unvollständiger Spaltung. Fortpflanzung durch Sporenbildung. Der monogene Zeugungskreis bildet ein Bion zweiter oder höherer Ordnung.

Die polyplastide Sporogenese ist, wie die monoplastide, unter den einfacheren Organismen des Protisten- und Pflanzenreiches weit verbreitet. Sie besteht darin, dass Species, welche den Rang einer einfachen Plastide überschreiten und durch unvollständige Theilung Plastiden-Colonieen oder selbst differenzirte Plastiden-Aggregate (Formindividuen zweiter und höherer Ordnung) darstellen, in ihrem Inneren Keimkörner (Sporen) erzeugen, welche sich ausserhalb des elterlichen Plastidenstockes durch fortgesetzte unvollständige Theilung und Differenzirung wieder zu gleichen Plastidenstöcken entwickeln. Dies ist der Fall bei vielen mehrzelligen oder stockbildenden Protisten, bei den Protoplasten, Flagellaten, Myxocystoden, Myxomyceten, wohl auch vielen Rhizopoden (vielleicht bei den Radiolarien). Unter den niederen Pflanzen ist dieser Fortpflanzungsmodus ebenfalls sehr verbreitet, namentlich bei den niederen Algen (Desmidiaceen etc.). Bei den letzteren werden zum Theil selbst von einer Plastiden-Species verschiedene Sporen-Arten gebildet. Die Entwickelung der aus der Spore austretenden Plastide besteht hier in Wachsthum, unvollständiger Theilung und Differenzirung der Theilproducte. Die Differenzirung erreicht jedoch auch bei dieser vollkommensten Form der Monogenesis niemals dieselbe Höhe, wie bei der Amphigenesis.

II. Amphigenesis.

Entwickelung mit Amphigonie.

(Ontogenesis der Eiproducte.)

Der Zeugungskreis ist ein amphigener Generationscyclus. Entweder ein Theil der Bionten, oder alle Bionten, welche die Species repräsentiren, entstehen durch geschlechtliche Fortpflanzung.

Alle Bionten oder ein Theil der Bionten, welche die Species zusammensetzen, entwickeln weibliche und männliche Geschlechtsorgane und pflanzen sich durch befruchtete Eier fort. Das Eiproduct oder der Eikreis, die Formenreihe, welche die Species innerhalb ihres geschlechtlichen Fortpflanzungscyclus (vom Ei bis wieder zum Ei) durchläuft, wird entweder durch ein einziges oder durch mehrere physiologische Individuen (Bionten) repräsentirt. Die Entwickelung ist niemals

bloss einfaches Wachsthum, sondern stets mit Differenzirung und häufig mit Metamorphose verbunden. Je nachdem das Eiproduct von einem einzigen oder von mehreren Bionten repräsentirt wird, unterscheiden wir die Entwickelung der Eiproducte in Hypogenesis und Metagenesis. Beide können mit und ohne Metamorphose verlaufen.

II, 1. Metagenesis.

Entwickelung des Eiproductes mit Generationswechsel.

Amphigene Entwickelung mit monogener Entwickelung von Bionten innerhalb jedes Zeugungskreises abwechselnd. Der amphigene Zeugungskreis ist aus zwei oder mehreren Bionten zusammengesetzt, von denen mindestens eines stets geschlechtlich, das andere nicht geschlechtlich differenzirt ist.

Das Eiproduct oder der Eikreis wird durch zwei oder mehrere verschiedene physiologische Individuen (Bionten) repräsentirt. Aus jedem befruchteten Ei entsteht eine Formenkette, welche sich mindestens in zwei physiologische Individuen spaltet und dadurch mindestens einmal unterbrochen wird, ehe sie mit der Geschlechtsreife abschliesst. Es ist also stets die geschlechtliche mit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung innerhalb des Formenkreises der Species combinirt.

Der echte Generationswechsel oder die Metagenesis besteht in allen Fällen aus einer Verbindung von geschlechtlicher und ungeschlechtlicher Zeugung, in der Weise, dass die periodisch wiederkehrende Formenkette des regelmässigen Zeugungskreises mindestens aus zwei Bionten besteht, einem ungeschlechtlich und einem geschlechtlich erzeugten physiologischen Individuum. Bei allen Organismen mit echtem Generationswechsel entspringt aus dem befruchteten Ei ein Individuum, welches zunächst bloss auf ungeschlechtlichem Wege, durch Theilung, Knospung oder Keimbildung sich fortpflanzt, und die so erzeugten Individuen werden entweder alle oder theilweis wieder geschlechtsreif, oder sie erzeugen selbst wieder auf ungeschlechtlichem Wege eine oder mehrere folgende Generationen, deren letzte endlich wieder Geschlechtsproducte erzeugt. Hiermit ist der regelmässige Cyclus von Generationen geschlossen. Das geschlechtlich erzeugte Individuum kann zwar in manchen Fällen auch selbst wieder geschlechtsreif werden (z. B. Anneliden), aber doch erst, nachdem es eines oder mehrere neue Bionten auf ungeschlechtlichem Wege erzeugt hat. Die unmittelbar aus dem befruchteten Ei entspringende Generationsform, welche auf irgend einem ungeschlechtlichen Wege die nächste Generation erzeugt, wird allgemein als Amme (Altrix) bezeichnet. Die Amme als Zwischenform, welche bei dem Generationswechsel in den continuirlichen Entwickelungslauf des Eiproductes eingeschaltet ist, unterscheidet sich von der

Larve, welche als Zwischenform bei der Metamorphose sowohl in die Hypogenese als in die Metagenese eingeschaltet werden kann, dadurch, dass die Amme wirklich selbstständige neue Keime von Bionten, die Larve dagegen nur provisorische Organe entwickelt. Die geschlechtslose Amme geht beim Generationswechsel zu Grunde, ohne in das physiologische Individuum, welches geschlechtsreif wird, überzugehen, während die geschlechtslose Larve bei der Metamorphose unmittelbar in die letztere übergeht.

Um die äusserst verwickelten und mannichfaltigen Vorgänge des Generationswechsels in ihrem eigentlichen Wesen richtig zu erfassen, ist es nothwendig, die oben aufgestellte Charakteristik desselben stets im Sinne zu behalten. Der echte Generationswechsel oder die Metagenesis, wie wir sie hier scharf bestimmen, ist wesentlich dadurch charakterisirt und von allen anderen Entwickelungsarten unterschieden, dass der Zeugungskreis nicht aus einem einzigen physiologischen Individuum oder Bion besteht, sondern aus zwei oder mehreren Bionten zusammengesetzt wird. Sowohl bei allen Formen der Monogenesis, wie bei der Hypogenesis ist es ein und dasselbe physiologische Individuum, an welchem der ganze Generationscyclus, dort ungeschlechtlich als Spaltungskreis, hier geschlechtlich als Eikreis, von Anfang bis zu Ende abläuft. Bei der Metagenesis dagegen finden wir stets mindestens zwei (Echinodermen), gewöhnlich aber mehrere physiologische Individuen, zu einem einzigen Zeugungskreis verbunden. Dieser metagenetische Zeugungskreis hat das Eigenthümliche, dass er aus einem monogenen und einem amphigenen zusammengesetzt ist. Der eine Theil der Bionten wird ungeschlechtlich, der andere geschlechtlich erzeugt.

Durch diese scharfe Charakteristik der Metagenese trennen wir dieselbe bestimmt von ähnlichen, aus ungeschlechtlichen und geschlechtlichen Zeugungsakten zusammengesetzten Entwickelungsprocessen, auf welche man neuerdings ebenfalls den Begriff des Generationswechsels ausgedehnt hat, welche sich aber wesentlich dadurch unterscheiden, dass der ganze Zeugungskreis, vom Ei bis wieder zum Ei, an einem und demselben physiologischen Individuum abläuft. Dies ist z. B. bei dem sogenannten Generationswechsel der Phanerogamen der Fall, welcher nach unserer Ansicht als Hypogenesis aufgefasst werden muss. Wir werden dies im nächsten Abschnitte zu begründen suchen, wo wir allgemein die dem Generationswechsel ähnlichen Entwickelungsvorgänge, welche sich aus geschlechtlichen und ungeschlechtlichen Zeugungsakten zusammensetzen, aber an einem einzigen Bion ablaufen, als Generationsfolge oder Strophogenesis von der echten Metagenesis unterscheiden werden, mit welcher wir uns hier allein beschäftigen.

Obgleich noch nicht ein halbes Jahrhundert verflossen ist, seitdem der Dichter Adalbert Chamisso 1819 den Generationswechsel der

Salpen entdeckte, und noch nicht ein Vierteljahrhundert, seitdem J. Steenstrup 1842 diese Entdeckung mit den inzwischen aufgefundenen ähnlichen Fortpflanzungsvorgängen bei den Hydromedusen, Trematoden etc. verglich und sie unter dem Namen des Generationswechsels zusammenfasste, ist dennoch seit dieser kurzen Zeit die Thatsache der Metagenesis als eine weit im Thier- und Pflanzenreiche verbreitete festgestellt worden. Doch hat man neuerdings sein Gebiet allzusehr ausgedehnt, indem man auch alle verschiedenen Formen der eben erwähnten Strophogenesis damit vereinigte. Erstere ist aber nur eine Theilerscheinung der letzteren.

Die echte Metagenesis, bei welcher der amphigene Zeugungskreis aus zwei oder mehreren, theils geschlechtlich, theils ungeschlechtlich erzeugten Bionten zusammengesetzt ist, findet sich vor: I) im Thierreiche: Unter den Arthropoden bei den Blattläusen, Cecidomyien, Rotatorien, Phyllopoden, Daphniden etc.; unter den Würmern bei den Anneliden (Protula, Syllis, Sabella, Nais etc.), Gephyreen (Actinotrocha), Nematoden (Ascaris nigrovenosa), Platyelminthen (Nemertinen, Trematoden, Cestoden); unter den Mollusken bei den Tunicaten und Bryozoen; unter den Echinodermen fast allgemein; unter den Coelenteraten vorzüglich bei den Hydromedusen in der mannichfaltigsten Form; II) im Protistenreiche bei den Schwämmen, indem die ungeschlechtliche Biontenbildung durch Gemmulae mit der geschlechtlichen durch befruchtete Eier (fälschlich sogenannte „Schwärmsporen") alternirt; III) im Pflanzenreiche bei vielen Cryptogamen, insbesondere sehr allgemein bei den Gefäss-Cryptogamen: Farrnen, Lycopodiaceen, Equisetaceen und Moosen. Dagegen fehlt die echte Metagenesis bei den meisten Phanerogamen (mit Ausnahme derjenigen, welche durch Brutknospen [Zwiebeln und Bulbillen] neue Bionten auf monogenem Wege erzeugen). Ebenso fehlt sie allen Wirbelthieren und allen höheren Mollusken (Cephalopoden, Cochlen, Lamellibranchien, Brachiopoden), sowie der grossen Mehrzahl der Arthropoden.

Nicht allein eine sehr ausgedehnte Verbreitung, sondern auch eine unerwartete Mannichfaltigkeit in der speciellen Ausführung des metagenetischen Entwickelungsmodus haben uns die fleissigen Untersuchungen der letzten beiden Decennien eröffnet; so zwar, dass in dieser Beziehung die Entwickelung mit Generationswechsel unendlich viel mannichfaltiger erscheint, als alle anderen Entwickelungsformen zusammengenommen. Es ist hier nicht der Ort, auf diese zahlreichen und in vieler Hinsicht verschiedenen Modificationen der Metagenese näher einzugehen, und es ist auch die Masse der bis jetzt bekannten verschiedenartigen Thatsachen noch keineswegs in der Weise geordnet, dass ein zusammenhängender Ueberblick möglich wäre. Wir wollen daher hier nur einige derjenigen Seiten des Generationswechsels betrachten,

welche sich auf die Individualitätsfrage beziehen, und nur diejenigen Modificationen hervorheben, welche uns auf einer wesentlich verschiedenen causalen Entstehung zu beruhen scheinen, und die deshalb von ganz verschiedenem morphologischem Werthe sind.

Ein sehr wichtiges, bisher nicht hervorgehobenes Moment, welches sich auf die Entstehung, auf die paläontologische Entwickelung des Generationswechsels bezieht, lässt nach unserer Auffassung alle verschiedenen Formen der Metagenese in zwei entgegengesetzte Reihen vereinigen, welche den entgegengesetzten Formen der Sporogonie entsprechen und welche wir demgemäss als progressive und regressive Reihe unterscheiden können. Der fortschreitende Generationswechsel (Metagenesis progressiva) findet sich bei denjenigen Organismen, welche gewissermaassen noch auf dem Uebergangsstadium von der Monogonie zur Amphigonie sich befinden, deren frühere Stammeltern also niemals ausschliesslich auf geschlechtlichem Wege sich fortpflanzten. Dies ist wahrscheinlich bei der grossen Mehrzahl der bekannten Formen von Metagenesis der Fall, z. B. bei den Trematoden, Hydromedusen etc. Hier haben immer, seitdem die geschlechtliche Zeugung aus der ungeschlechtlichen sich hervorbildete, ungeschlechtliche und geschlechtliche Generationen neben einander bestanden und mit einander abgewechselt. Niemals ist die Species in der Lage gewesen, sich ausschliesslich durch Amphigonie fortzupflanzen. Das Gegentheil zeigt uns der rückschreitende Generationswechsel (Metagenesis regressiva), welchen wir als einen Rückschlag der Amphigonie in die Monogonie auffassen. Diese merkwürdige Entwickelungsweise glauben wir bei denjenigen höheren Organismen mit Generationswechsel zu finden, deren nächste Verwandte sich allgemein auf rein hypogenem Wege, durch ausschliessliche Amphigonie fortpflanzen, und bei welchen ausserdem die ungeschlechtlich erzeugten Keime (Monosporen, „Sommereier") in besonderen Keimstöcken oder Sporocarpien entstehen, welche offenbar rückgebildete Eierstöcke sind. Dies ist der Fall bei den meisten Insecten mit Generationswechsel (Aphiden, Cocciden), wahrscheinlich auch bei den Bryozoen, Rotatorien, Daphniden, Phyllopoden etc. Die unverkennbare Homologie, welche die Sporen („Sommereier") dieser Thiere mit den echten Eiern („Wintereiern") der geschlechtlich entwickelten Generation, die keimbildenden Sporocarpien (Keimstöcke) mit den echten Ovarien (Eierstöcken) der letzteren zeigen, scheint uns diese Formen des Generationswechsels, welche also in einem regelmässigen Wechsel von Amphigonie und Parthenogonie bestehen, nicht anders erklären zu lassen, als durch die Annahme, dass die früheren Stammeltern der betreffenden Organismen ausschliesslich auf geschlechtlichem Wege sich fortpflanzten und erst später in den ungeschlechtlichen Propagationsmodus noch

früherer Zeit zurückfielen, aus welchem sich die sexuelle Zeugung erst differenzirt hatte. Offenbar ist die biologische Bedeutung dieser beiden Metagenesis-Arten eine gänzlich entgegengesetzte, und wie wahrscheinlich ihre paläontologische Entstehung grundverschieden war, so lässt sich vermuthen, dass auch ihre Zukunft es sein wird. Die progressive Metagenese der Hydromedusen, Trematoden etc. wird sich allmählig zu reiner Hypogenese erheben können, wie es bei nahe verwandten Formen (z. B. Pelagia, Polystomeen) bereits der Fall ist. Die regressive Monogenese der Insecten, Crustaceen etc. wird dagegen umgekehrt zu reiner Monogenese zurücksinken können, wie es bei den Psychiden thatsächlich stattgefunden hat.

Von einem anderen Gesichtspunkte aus kann man die verschiedenen Formen des Generationswechsels in zwei andere Gruppen zusammenstellen, welche wir kurz als productive und successive Metagenese unterscheiden wollen. Diese Unterscheidung ist namentlich insofern interessant, als der successive Generationswechsel gewöhnlich als metamorphe Hypogenese aufgefasst wird und als Uebergangsbildung zu letzterer betrachtet werden kann. Je nachdem nämlich der metagenetische Zeugungskreis bloss aus zwei oder aus mehreren Bionten zusammengesetzt ist, können wir allgemein Generationswechsel mit und ohne Vermehrung der sexuellen Bionten unterscheiden. Bei dem productiven Generationswechsel, zu welchem die grosse Mehrzahl der Fälle gehört, producirt der ungeschlechtliche Zeugungsakt eine Mehrheit von physiologischen sexuellen Individuen, bei dem successiven dagegen (wie er bei den Echinodermen erscheint) nur ein einziges. Im letzteren Falle ist daher das Eiproduct nur aus zwei, im ersteren aus mehr als zwei Bionten zusammengesetzt.

II, 1A. Metagenesis productiva.

Generationswechsel mit Zusammensetzung des amphigenen Cyclus aus mehr als zwei physiologischen Individuen.

Bei den allermeisten Formen des Generationswechsels erzeugt die ungeschlechtliche Generation, welche aus dem befruchteten Ei entstanden ist, zwei oder mehrere (nicht bloss ein einziges) Individuen, welche entweder selbst oder in ihren ungeschlechtlich erzeugten Nachkommen wieder zur Geschlechtsreife gelangen. Es besteht das Eiproduct hier mindestens aus drei Bionten, nämlich einem geschlechtlich erzeugten und zwei ungeschlechtlich erzeugten. Gewöhnlich ist aber die Zahl der letzteren sehr gross, so dass das Eiproduct aus einer beträchtlichen Anzahl von physiologischen Individuen zusammengesetzt und die Species in ungleich stärkerem Grade vervielfältigt wird, als es bei der bloss sexuellen Fortpflanzung der Fall wäre. Entweder werden die

durch Theilung, Gliederung, Knospung entstandenen Individuen selbst wieder geschlechtsreif oder sie erzeugen selbst erst eine oder mehrere Generationen, deren letzte wiederum Geschlechtsorgane erhält. Die Formen der verschiedenen Generationen sind bald nur sehr wenig (z. B. bei den Aphiden), bald ausserordentlich stark verschieden (z. B. bei den Hydromedusen). Ebenso ist der Grad und die Art der Metamorphose, welche die verschiedenen Generationen während ihrer Entwickelung erleiden, äusserst verschieden. Die Ammen, welche auf ungeschlechtlichem Wege zeugen, bleiben gewöhnlich geschlechtslos, seltener werden sie selbst nachträglich geschlechtsreif (z. B. bei den Anneliden, bei *Hydra*). Gewöhnlich schliessen sich geschlechtliche und ungeschlechtliche Zeugung als gleichzeitige Functionen eines und desselben Individuums aus. Sehr selten kommen beide gleichzeitig neben einander vor [1]). Die Zahl der ungeschlechtlichen Generationen und ihr Verhältniss zu den geschlechtlichen ist sehr verschieden, namentlich bei den Pflanzen. Man pflegt gewöhnlich die ungeschlechtliche Generation allgemein als die erste und niedere anzusehen und die geschlechtsreif werdende Generation als die zweite und höhere. Bei den Thieren ist dies wohl meistens der Fall. Bei den Pflanzen dagegen kann, wie besonders Alexander Braun gezeigt hat, auch die erste und niedere

[1]) Eine der merkwürdigsten Formen des Generationswechsels, bei welcher dasselbe Individuum gleichzeitig durch geschlechtliche und ungeschlechtliche Zeugung sich fortpflanzt, und bei welcher ausserdem die geschlechtsreif werdenden, ungeschlechtlich erzeugten Formen gänzlich von der elterlichen geschlechtsreifen Form abweichen, habe ich im vorigen Jahre unter dem Namen der Alloeogenesis bei einer Geryoniden-Meduse aus dem Mittelmeer beschrieben. Bei *Geryonia (Carmarina) hastata* nämlich, einer sechsstrahligen Meduse, welche der *Geryonia proboscidalis* nahe steht, sprossen aus dem in der Magenhöhle befindlichen Zungenkegel, und zwar bei beiden Geschlechtern zu derselben Zeit, wo sie reife Geschlechtsproducte in ihren Genitalien entwickeln, zahlreiche achtstrahlige Knospen hervor, welche sich zu der sechzehnstrahligen *Cunina rhododactyla* entwickeln, einer gänzlich von *Geryonia* verschiedenen Medusen-Form, welche der Familie der Aeginiden angehört. Die Aeginiden galten bisher für eine von den Geryoniden gänzlich verschiedene Medusen-Familie, so dass sie selbst in verschiedene Ordnungen der Hydromedusen-Classe gestellt wurden. Gegenüber der mehrfach geäusserten Vermuthung, dass hier ein Parasitismus und kein Generationswechsel vorliege, bemerke ich wiederholt und ausdrücklich, dass sich das Hervorwachsen der achtstrahligen *Cunina*-Knospen aus der Zunge der sechsstrahligen *Geryonia* Schritt für Schritt mit solcher Sicherheit verfolgen lässt, dass ich einen Parasitismus bestimmt in Abrede stellen muss. Dieser Verdacht wird auch durch die wichtige Thatsache widerlegt, welche das paradoxe Verhältniss wenigstens einigermaassen aufzuklären im Stande ist, dass die sechsstrahligen Larven der *Geryonia hastata*, deren Metamorphose ich von den frühesten Stadien bis zur geschlechtsreifen Form verfolgt habe, in wesentlichen Grundzügen ihres Baues mehr der achtstrahligen *Cunina rhododactyla*, als der entwickelten sechsstrahligen *Geryonia* gleichen. Vergl. E. Haeckel, Beiträge zur Naturgeschichte der Hydromedusen. Leipzig 1865 (Abdruck aus der Jenaischen Zeitschrift für Medicin und Naturwissenschaft I. und II. Band) und die vorläufige Mittheilung in den Monatsberichten der Berliner Akademie vom 2. Februar 1865.

Generation geschlechtsreif werden, und häufig entwickelt sie allein Geschlechtsorgane, während die zweite und höhere Generation nur zur geschlechtslosen Zeugung (durch Sporen) gelangt, so namentlich bei den Equiseten und Farrnen. Wir bemerken dazu, dass man natürlich als erste (niedere) Generation stets diejenige betrachten muss, welche in der paläontologischen Entwickelung der Species oder des Stammes zuerst aufgetreten ist; als zweite (höhere) diejenige, welche erst später im Laufe der Erdgeschichte sich aus der ersteren entwickelt hat. Sehr wahrscheinlich müssen auch diese Fälle des Generationswechsels (bei den Equiseten, Farrnen etc.), gleichwie diejenigen der Insecten, Crustaceen etc. ganz oder theilweis als Metagenesis regressiva aufgefasst werden. Offenbar erklärt sich das Paradoxe ihrer Erscheinung, welches in der Entstehung der morphologisch vollkommneren Form durch die physiologisch unvollkommnere Zeugungsart liegt, am besten durch die Annahme, dass die früheren Stammeltern dieser Organismen sich ausschliesslich geschlechtlich fortpflanzten, und dass diese Form der Metagenese erst secundär aus reiner Hypogenese hervorgegangen ist.

Da die geschlechtliche Differenzirung sich bei Bionten von sehr verschiedenem morphologischen Range entwickelt, so wird auch echter productiver Generationswechsel bei Organismen vorkommen können, deren Bionten durch verschiedene Grade der morphologischen Individualität repräsentirt werden. In der That ist dies der Fall, und wir können danach Metagenesis von mindestens drei verschiedenen Ordnungen (Metameren, Personen und Stöcken) unterscheiden. Die niederste Form, Metagenesis der Metameren, findet sich in ausgezeichneter Weise bei denjenigen Thieren, bei welchen das Bion zeitlebens die Metamerenstufe nicht überschreitet, bei den niederen Mollusken und Würmern, besonders ausgezeichnet bei den Bryozoen, Tunicaten, Trematoden und einigen wenigen Bandwürmern. Bei den Mollusken (Tunicaten und Bryozoen) erfolgt die ungeschlechtliche Zeugung theils durch Knospenbildung, theils durch Sommereier oder Sporen (Keimbildung). Bei den Würmern erfolgt sie theils ebenfalls durch Sporogonie oder Keimbildung (Trematoden), theils durch Knospenbildung (Echeneibothrium minimum). Die Metagenesis der Personen ist besonders unter den Arthropoden und Würmern verbreitet. Die ungeschlechtliche Zeugung erfolgt hier theils durch Knospenbildung (Cestoden, Anneliden), theils durch Sporenbildung („Sommereier" der Rotatorien, Phyllopoden, Daphniden, Cocciden, Aphiden etc.). Bei den Cestoden geht die Metagenesis der Metameren (Echeneibothrium) allmählich in diejenige der Personen über (Taenia). Vergl. Bd. I, S. 353. Als Metagenesis der Cormen endlich kann der Generationswechsel vieler Cryptogamen (Farrne etc.) angesehen werden. Hier ist es meistens die höhere (zweite) Generation, welche sich ungeschlechtlich fortpflanzt, und zwar durch Sporen.

II, 1 B. Metagenesis successiva.

Generationswechsel mit Zusammensetzung des amphigenen Cyclus aus zwei physiologischen Individuen.

Diejenige Form des Generationswechsels, bei welcher der vollständige Generationscyclus nur aus zwei Bionten zusammengesetzt ist, einem geschlechtlichen und einem ungeschlechtlichen Bion, hat nur einen sehr beschränkten Verbreitungsbezirk in der Organismenwelt, ist aber wegen der hierbei stattfindenden Complicationen von ganz besonderem Interesse. Es findet sich diese merkwürdige Form der Metagenesis fast ausschliesslich bei den Echinodermen, und ist erst neuerlich auch bei einigen Würmern (Nemertinen und Sipunculiden) aufgefunden worden.

Die Echinodermen-Entwickelung (wobei wir von den seltenen, in diesem Stamme vorkommenden und jedenfalls durch paläontologische Abkürzung der Metagenese entstandenen Ausnahmsfällen einfacher Hypogenesis hier ganz absehen) wird gewöhnlich bekanntermaassen als Metamorphose aufgefasst, obwohl sie sich wesentlich von allen übrigen Formen der Metamorphose unterscheidet. Aus dem Ei entwickelt sich zunächst eine bewimperte Amme, gewöhnlich Larve genannt, welche zu einem barok geformten mit bewimperten Fortsätzen versehenen eudipleuren Gerüste auswächst. Diese geschlechtslos bleibende Amme hat einen Darmcanal mit Mund, Magen und After; später entwickelt sich in ihr noch ein innen wimpernder sackförmiger Schlauch, welcher durch einen Porus der Rückenfläche ausmündet. Ihre ganze eudipleure Körperform ist so wesentlich von der gewöhnlich pentactinoten Form des geschlechtsreif werdenden Echinoderms verschieden, dass die Zusammengehörigkeit der beiden verschiedenen Formen erst vor zwei Jahrzehnden von Johannes Müller erkannt worden ist. Im Inneren der eudipleuren sogenannten Larve, welche aber viel mehr den Namen einer Amme verdient, entwickelt sich nun das junge pentactinote Echinoderm in höchst eigenthümlicher Weise durch innere Knospung, indem der Keim der neuen Person um den Darm der Amme (Larve) herum angelegt wird und so einen Theil des Darms der ersteren, sowie die aus dem Wimperschlauch und Rückenporus (Madreporenplatte) hervorgebildete Anlage des Ambulacralsystems in seinen eigenen Körper mit hinübernimmt. Das Ammengerüste, welches verhältnissmässig nur von sehr geringer Grösse ist, bleibt bald ganz hinter dem mächtig wachsenden und vom Ammendarm aus sich weiter entwickelnden jungen pentactinoten Echinoderm zurück und zerfällt in Trümmer, indem es von innen heraus durch dieses verdrängt wird. Sehr wichtig ist dabei noch der Umstand, dass bei manchen Asteriden und Echiniden die fünf Antimeren des Echinoderms in ihrer ersten Anlage als fünf getrennte Blastemstücke (Zellenhaufen mit Kalkskelet) rings um Darm

und Wassercanal herum angelegt werden, und erst nachträglich zu einer einzigen Person zusammenwachsen. Es führt uns dies zu der einzigen Erklärung dieser merkwürdigen und in mehr als einer Beziehung so paradoxen Entwickelungsweise hin, welche uns für jetzt möglich scheint, nämlich, dass ursprünglich fünf getrennte eudipleure Personen durch innere Knospung in der wurmförmigen eudipleuren Amme hervorgesprosst sind, welche sich erst secundär zu einer Wurmcolonie oder einem Articulatenstock verbunden haben. Da wir diese Hypothese, welche uns zur Annahme einer gemeinsamen Wurzel des Echinodermen- und Articulaten-Stammes führt, im sechsten Buche noch näher zu begründen haben, so wollen wir dieselbe hier nur insofern betonen, als sie auch unsere Auffassung der Echinodermen-Metamorphose als wirklicher Metagenese rechtfertigt. Gewöhnlich wird bekanntlich diese höchst merkwürdige Art der Entwickelung als Metamorphose und die ungeschlechtliche Zwischenform als Larve bezeichnet. Sie unterscheidet sich aber von der echten Metamorphose dadurch, dass die Zwischenform nicht bloss durch den Besitz besonderer Organe von ihrer geschlechtlichen Stammform verschieden ist, sondern ein von dieser in jeder Beziehung gänzlich verschiedenes Bion darstellt. Während das sexuelle Echinoderm meistens die reine Pentactinotenform und später häufig die Pentamphipleurenform zeigt, meistens also aus fünf, immer aber aus mehr als zwei Antimeren zusammengesetzt ist, zeigt die Amme die Eudipleurenform oder die Eutetrapleurenform und besteht also bloss aus zwei oder vier Antimeren. Auch entsteht die erstere in der letzteren durch einen Neubildungs-Process, der in der That nur als innere Knospung bezeichnet werden kann. Zwar nimmt sie einen Theil des Darmcanals aus der Amme mit; allein alle anderen Organe werden selbstständig, neu, und nach einer von der Larve völlig verschiedenen Grundform angelegt und ausgebildet, so dass man diesen Process keinesfalls als einfache Metamorphose im strengeren Sinne auffassen kann. Andererseits unterscheidet sich freilich dieser Entwickelungscyclus von den übrigen Formen des Generationswechsels dadurch, dass nur *eines*, nicht *mehrere* Bionten von der ungeschlechtlichen Form (Amme) erzeugt werden; indess kann dieser Unterschied doch im Grunde nicht für so wesentlich gelten, dass wir deshalb diesen Modus überhaupt nicht als Metagenese auffassen sollten. Jedenfalls muss zugegeben werden, dass das Eiproduct aus zwei verschiedenen Bionten zusammengesetzt ist, während auch bei den extremsten Formen der echten Metamorphose das Eiproduct trotz alles Formenwechsels dennoch stets deutlich nur ein einziges Bion repräsentirt und dieses Bion, immer einfach, ein und dasselbe bleibt. Wenn unsere Ansicht, dass die Echinodermen mit den Articulaten in genealogischem Zusammenhange stehen, richtig ist, so erscheint die Auffassung des ausgebildeten pentactinoten Echinoderm

als eines aus fünf Articulaten-Personen zusammengesetzten Stockes ganz natürlich; und dann kann kein Zweifel sein, dass ihre Entwickelung wirkliche, echte und zwar productive Metagenese ist, welche erst durch paläontologische Abkürzung der Ontogenese zu einer Art Metamorphose zusammengezogen ist.

Immerhin wird es uns aus diesen Gründen am natürlichsten erscheinen, die ganz eigenthümliche Entwickelungsweise der Echinodermen (zumal sie in einigen Fällen in die einfache Metamorphose übergeht) als einen besonderen Generationsmodus aufzufassen, der zwischen Metamorphosis und Metagenesis in der Mitte steht, und für den aus diesem Grunde vielleicht der Name der Metamorphogenesis am passendsten erscheinen dürfte, falls man nicht lieber denselben als successive (nicht productive) Metagenese dem echten productiven Generationswechsel anschliessen will.

Die Würmer, bei denen eine ähnliche Entwickelung, wie bei den Echinodermen, vorkömmt, gehören den Klassen der Nemertinen und Gephyreen an. Bei den Nemertinen ist es die eigenthümliche, einem Federhut ähnliche Ammenform des *Pilidium*, welche die Rolle der barok gestalteten Echinodermen-Larven übernimmt. Wie bei den letzteren entwickelt sich die Person (*Alardus*), welche die zweite geschlechtsreif werdende Generation repräsentirt, durch einen eigenthümlichen inneren Keimungsprocess in der Umgebung des Darms der frei umher schwimmenden Amme, zwischen Darm und Leibeswand. Die kahnförmige Bildungsmasse umwächst den Darm des *Pilidium*, den sie sich ebenso aneignet, wie das pentactinote Echinoderm den mittleren Darmtheil der eudipleuren Larve (Amme) und durchbricht endlich den Ammenleib, um als selbstständige, von dem letzteren sehr verschiedene Wurmform weiter zu leben und sich zur Geschlechtsreife zu entwickeln. In ähnlicher Weise entwickelt bei den Gephyreen die frei umher schwimmende gewöhnlich als Larve aufgefasste Ammenform *Actinotrocha* einen von ihr sehr verschieden geformten Sipunculiden. Gleich dem *Pilidium* und den Echinodermen-Ammen schwimmt auch die *Actinotrocha* mittelst eigenthümlicher bewimperter Lappen und Fortsätze frei im Meere umher und ernährt sich, mit Mund und Darmcanal ausgerüstet, als selbstständiges Bion einer ersten geschlechtslosen Generation. An ihrer Bauchseite entwickelt sich ein langer gewundener Schlauch, der den Darm der Amme in sich aufnimmt, sich umstülpt und zur Leibeswand des Sipunculiden wird, während der übrige Theil des Ammenkörpers theils durch letztere verdrängt wird, theils zerfällt.

In allen diesen Fällen ist nicht daran zu zweifeln, dass die sogenannte Larve und das ausgebildete Thier ganz verschiedene Bionten sind. Man pflegt die hier angeführte Entwickelung gewöhnlich als „Metamorphose" zu bezeichnen, weil die zweite, geschlechtsreif wer-

dende Generation aus der ersten, geschlechtslosen, einen Körpertheil, nämlich ein Stück des Darmcanals (und bei den Echinodermen auch die Anlage des Ambulacralsystems), in sich aufnimmt. Allein bei jeder Form der geschlechtslosen Zeugung geht ein kleinerer oder grösserer Theil (bei der inneren Keimbildung oft ein sehr bedeutender Theil) des zeugenden Individuums in das erzeugte über, und der einzige Unterschied ist der, dass hier das übernommene Stück bereits ein Theil eines differenzirten Organes ist. Dieser Umstand scheint uns aber ganz unerheblich gegenüber der viel wichtigeren morphologischen Thatsache, dass der Leib der geschlechtlich sich entwickelnden Thiere von Anfang an als eine selbstständige Person auftritt, deren ganze tectologische Anlage von der der geschlechtslosen Elternform verschieden ist und sich selbstständig differenzirt. Wir fassen demgemäss mit Victor Carus die sogenannte „Metamorphose" der Echinodermen und die verwandte Entwickelung einiger Nemertinen und Sipunculiden als Generationswechsel auf und betrachten die paradoxen „Larven" der Echinodermen (*Pluteus*, *Bipinnaria* etc.), Nemertinen (*Pilidium*) und Gephyreen (*Actinotrocha*) als wirkliche Ammen (Altrices). Der wesentlichste Unterschied von der gewöhnlichen Metagenese liegt darin, dass die monogene Zeugung hier nicht, wie bei der letzteren, mit einer Vermehrung der physiologischen Individuen verbunden ist. Jedoch ist dieser Unterschied, wie auch J. Müller selbst hervorgehoben hat, ganz unwesentlich, und wir drücken denselben hinreichend dadurch aus, dass wir die Metagenese ohne Vermehrung der Bionten als bloss successive von der mit Vermehrung der Bionten verbundenen productiven trennen.

Endlich könnte den angeführten Beispielen von successiver Metagenese vielleicht auch noch die höchst merkwürdige Entwickelung der Musciden angeschlossen werden, welche uns durch Weismann's ausgezeichnete Untersuchungen in neuester Zeit bekannt geworden ist. Bei der postembryonalen Entwickelung dieser Fliegen, welche man bisher allgemein als „Metamorphose" auffasste, zerfallen sämmtliche Organe der Larve, theils vollständig, theils histolytisch. Bei dieser von Weismann so genannten Histolyse lösen sich die histologischen Elemente zu einem Blastem auf, indem sie der fettigen Degeneration erliegen und einen structurlosen Trümmerhaufen, theils aus Fett- theils aus Eiweiss-Molekülen bestehend, bilden, aus dem neue Elementartheile selbstständig sich herausbilden. Bei den Nervencentren und den Malpighi'schen Gefässen scheinen die Kerne der Zellen zu persistiren und den Anstoss zur Bildung neuer Zellen und Zellenderivate zu geben; am Darme scheinen selbst die Kerne zu zerfallen. In der fettig-albuminösen Detritusmasse entstehen durch freie Zellbildung (Generatio spontanea aus organischem Blastem) neue Zellen, aus denen sich der Fliegenleib vollständig neu aufbaut. Allerdings aber ist insofern eine etwelche Con-

tinuität zwischen der zerfallenen Larve und der neu sich bildenden Fliege, der Imago, gewahrt, als es kein Stadium während der Puppen-Entwickelung giebt, in dem nicht entweder noch Larvenorgane vorhanden oder aber bereits Theile der Fliege neugebildet sind. Die Auflösung des Larvenkörpers geschieht allmählich und ihr parallel geht eine Reihe von Neubildungsprocessen, die auch darin mit der Neubildung des Echinoderms in der Amme grosse Aehnlichkeit haben, dass im Inneren des Ammen- oder Larvenkörpers mehrere getrennte indifferente Zellenhaufen entstehen, welche sich selbstständig differenziren und erst nachträglich zur Person verbinden. Hierin und besonders in dem Umstande, dass während der Fliegen-Umbildung kein Wachsthum stattfindet, sieht Weismann den bestimmenden Grund, dieselbe nicht als Metagenese, sondern als Metamorphose aufzufassen, und wir schliessen uns ihm an, indem wir auf den letzteren Umstand das Hauptgewicht legen. Das Wachsthum, und zwar das über die individuelle Grenze hinaus schreitende Wachsthum, welches zur Ablösung neuer selbstständiger Keime vom Individuen führt, ist das charakteristische Moment im Fortpflanzungsprocess, und aus diesem Grunde betrachten wir die Musciden-Neubildung, welche ohne Wachsthum erfolgt, nur als eine höchst vollendete Metamorphose; die Neubildung der Echinodermen dagegen, welche mit beständigem Wachsthum über das individuelle Ammenmaass hinaus verknüpft ist, als Metagenese.

II, 2. Hypogenesis.

Entwickelung des Eiproductes ohne Generationswechsel.

Amphigene Entwickelung ausschliesslich die Zeugungskreise bildend. Der amphigene Zeugungskreis besteht stets nur aus einem einzigen Bion, welches geschlechtlich erzeugt ist und selbst geschlechtsreif wird.

Das Eiproduct oder der Eikreis wird durch ein einziges physiologisches Individuum (Bion) repräsentirt. Aus jedem befruchteten Ei entsteht eine einfache Formenkette, welche continuirlich bis zur Geschlechtsreife durchgeführt wird. Jeder individuelle Formzustand ist ein Glied dieser Kette und das unmittelbare Resultat einer am vorhergegangenen Zustande oder Gliede stattgefundenen Differenzirung. Es ist also niemals die geschlechtliche mit der ungeschlechtlichen Fortpflanzung innerhalb des Formenkreises der Species combinirt.

Die einfache geschlechtliche Fortpflanzung oder die ausschliessliche Entwickelung der Bionten aus befruchteten Eiern, welche wir hier mit dem Namen der Hypogenese belegen, findet sich vorzugsweise bei den höheren und vollkommeneren Classen des Thier- und Pflanzenreiches, und bei den höchsten Abtheilungen der niederen Classen. Insbesondere ist sie die ausschliessliche Entwickelungsform bei allen noch jetzt

lebenden Gliedern des Vertebraten-Stammes, bei der grossen Mehrzahl aller Arthropoden, bei allen höheren Weichthieren (Cephalopoden, Cephalophoren, Lamellibranchien, Brachiopoden) und vielen höheren Würmern, sowie bei der grossen Mehrzahl der Phanerogamen. Dagegen kommt sie bei den Echinodermen, Hydromedusen und Cryptogamen nur selten, bei den Protisten vielleicht niemals vor. In allen Fällen durchläuft bei dieser einfach continuirlichen Entwickelung das physiologische Individuum, welches aus dem befruchteten Eie entspringt, eine einzige ununterbrochene Formenreihe, welche mit der Production von Geschlechtsorganen ihr Ziel erreicht. Jeder Zustand der Species ist das unmittelbare Differenzirungsproduct des nächst vorhergegangenen Zustandes. Niemals wird diese zusammenhängende Kette von epigenetisch aus einander hervorgehenden Zuständen durch einen ungeschlechtlichen Zeugungsakt unterbrochen, welcher ein zweites selbstständiges Bion producirt. Man hat freilich auch viele Wachsthums- und Differenzirungsakte, welche im Bion während der hypogenetischen Entwickelung vor sich gehen, als ungeschlechtliche Zeugungsakte (Knospung, Theilung etc.) bezeichnet, und es ist dies vollkommen richtig. Allein alle diese ungeschlechtlichen Zeugungsakte produciren nicht neue physiologische, sondern nur morphologische Individuen, und diese letzteren sind niemals von dem Range, welchen die Species in ihrer geschlechtsreifen vollendeten Form erreicht, sondern stets morphologische Individuen niederen Ranges. So ist z. B. bei der Epigenese der Wirbelthiere schon die Furchung des Eies ein Akt der Theilung von Plastiden, die Entstehung der Urwirbel ein Akt der terminalen Knospenbildung von Metameren, das Hervorsprossen der Extremitäten ein Akt der lateralen Knospung von Organen, das Hervorsprossen der Zehen ein Akt der Diradiation, und das Wachsthum, sowie das Entstehen jedes neuen Organes ist mit Theilungsakten von Plastiden verknüpft. Allein alle diese ungeschlechtlichen Zeugungsakte führen zusammen nur zur Entwickelung eines einzigen Bion, welches als morphologisches Individuum fünfter Ordnung die reife und vollendete Species-Form repräsentirt, und diese Person pflanzt sich nur auf geschlechtlichem Wege fort. Das Eiproduct ist demnach in allen Fällen echter Hypogenesis ein einziges physiologisches Individuum.

Man pflegt gewöhnlich die einfache Entwickelung aus befruchteten Eiern, welche wir Hypogenesis nennen, einzutheilen in eine Entwickelung mit und ohne Verwandlung, und wir werden, dieser Eintheilung folgend, Hypogenesis metamorpha, mit Metamorphose, und Hypogenesis epimorpha, ohne Metamorphose unterscheiden. Wir halten dabei den Begriff der Metamorphose, wie wir ihn oben definirt haben, fest, als die Entwickelung ausserhalb der Eihüllen mit Production provisorischer Organe, welche durch den Verwandlungsprocess verloren gehen.

II, 2A. Hypogenesis metamorpha.

Amphigene Entwickelung ohne Generationswechsel, mit postembryonaler Metamorphose.

Das physiologische Individuum, welches aus dem befruchteten Ei hervorgeht, entwickelt sich ausserhalb der Eihüllen zur Geschlechtsreife, nachdem es provisorische Theile abgeworfen hat.

Der wesentliche Charakter der postembryonalen Metamorphose, welche man gewöhnlich schlechtweg als Metamorphose bezeichnet, liegt, wie wir oben zeigten, darin, dass das Bion nach dem Verlassen der Eihüllen provisorische Organe besitzt oder erhält, welche es verliert, ehe es sich zur Geschlechtsreife entwickelt[1]). So lange das den Eihüllen entschlüpfte Individuum solche provisorische Organe besitzt, wird dasselbe als Larve (Larva, Nympha) bezeichnet. Der Verlust dieser Organe ist der eigentliche Akt der Verwandelung, durch welchen die Larve entweder zum jungen Bion (Juvenis) oder, wenn dabei die Geschlechtsorgane sich entwickeln, zum reifen und vollendeten Bion (Adultum) wird. Das Verhältniss der Larven zu den jungen und reifen Bionten ist bei den verschiedenen Organismen ein ausserordentlich verschiedenes, je nach der Grösse, Ausdehnung und Form der provisorischen Organe. Es liessen sich hiernach eine Masse von verschiedenen Formen bei der Metamorphose ebenso wie beim Generationswechsel unterscheiden. Indessen ist die Masse der in dieser Beziehung bekannten Thatsachen ebenso ungenügend geordnet, als umfangreich, so dass es vorläufig noch nicht möglich ist, in übersichtlicher Zusammenstellung das Verhältniss der einzelnen Metamorphosen-Arten zu einander zu erörtern. Eine zukünftige kritische und denkende Vergleichung derselben wird hier ebenso wie beim Generationswechsel eine sehr reiche Fülle leichterer und tieferer Modificationen zu unterscheiden haben. Für uns genügt hier die Anführung einiger weniger Beispiele. Als den extremsten Grad der Metamorphose müssten wir vor allen die zuletzt als successive Metagenese aufgeführte Entwickelungsweise bezeichnen, falls wir der herrschenden Anschauung gemäss diesen Entwickelungsprocess, welcher zwischen productiver Metagenese und Metamorphose die Mitte hält, der letzteren und nicht der ersteren anreihen wollten. Warum wir diese höchstgradige „Metamorphose“ der Echinodermen, Nemertinen etc. für wirkliche Metagenese halten, haben wir soeben entwickelt; ebenso warum wir die daran zunächst sich anschliessende postembryonale Entwickelung der Musciden für wirkliche Metamorphose halten. Freilich geht diese so weit, dass fast die ganze embryonale Entwickelung des physiologischen Individuums wieder von vorn an-

[1]) Ueber die verschiedene Bedeutung des Begriffs der Metamorphose bei den verschiedenen Autoren vergl. oben S. 23—26, sowie Victor Carus, System der thierischen Morphologie S. 264.

fängt, und dass eigentlich nicht einzelne Organe, sondern alle Organsysteme, mithin die ganze Larve selbst als provisorische Form aufgefasst werden muss. So sehr nun auch diese extremste Form der Metamorphose bei den Fliegen von der Metamorphose sich zu entfernen scheint, so ist sie dennoch in der That durch eine lange und allmähliche Kette von Uebergangsformen mit dem geringeren und zuletzt dem ganz geringen Grade der Metamorphose verbunden, und zwar von Uebergangsformen, welche alle in derselben Insecten-Classe vorkommen. Während noch bei den Schmetterlingen, den Käfern und den meisten anderen Insecten mit sogenannter vollkommener Verwandlung gewöhnlich drei scharf getrennte Abschnitte der postembryonalen Umbildung sich unterscheiden lassen (Larve, Puppe und Imago), finden wir dagegen bei den Insecten mit sogenannter unvollkommener oder halber Verwandelung den Process der Metamorphose auf verschiedene Häutungen und auf die Entwickelung der Flügel etc. beschränkt. Die Formunterschiede der verschiedenen Häutungszustände sind bald so bedeutend, dass die Häutung noch als unvollkommene Metamorphose bezeichnet werden kann, bald so gering, dass sie unmittelbar in die epimorphe Hypogenese übergeht. Auch bei den übrigen Articulaten und überhaupt bei der grossen Mehrzahl aller Wirbellosen sehen wir die Hypogenese mit Metamorphose verbunden, so bei den meisten Crustaceen, Würmern, Mollusken, Coelenteraten; sehr häufig treten hier zugleich sehr verwickelte Formfolgen dadurch ein, dass sich die Metamorphose mit der Metagenese verbindet. Unter den Wirbelthieren ist die postembryonale Metamorphose auf den Amphioxus, die Cyclostomen und Amphibien beschränkt.

II, 2 B. Hypogenesis epimorpha.

Amphigene Entwickelung ohne Generationswechsel und ohne postembryonale Metamorphose.

Das physiologische Individuum, welches aus dem befruchteten Ei hervorgeht, entwickelt sich ausserhalb der Eihüllen zur Geschlechtsreife, ohne provisorische Theile abzuwerfen.

Die epimorphe Hypogenese, die postembryonale Entwickelung ohne Verwandlung, ist diejenige Entwickelungsform, welche vorzugsweise für die Ontogenie der grössten und höchst entwickelten Organismen, sowohl im Pflanzenreich, als im Thierreich, geeignet erscheint, vielleicht schon deshalb, weil hier alle provisorischen Formzustände innerhalb der Eihüllen durchlaufen und alle provisorischen Organe während des embryonalen Lebens rückgebildet werden und verloren gehen. Der Embryo durchbricht hier also die Eihüllen schon in der ausgebildeten wesentlichen Form des reifen Thieres und alle postembryonalen Veränderungen beschränken sich auf die Entwickelung der Geschlechtsorgane

und auf das blosse Wachsthum, welches allerdings dadurch, dass es in verschiedenen Körpertheilen verschieden rasch fortschreitet und verschieden lange dauert, immerhin ziemlich beträchtliche Proportionsunterschiede in der Grösse und dadurch auch in der Form des vollendeten und des werdenden Individuums hervorzurufen vermag. Wir finden diese Hypogenese ohne Metamorphose bei den allermeisten Wirbelthieren (mit Ausnahme der Amphibien, Cyclostomen und Leptocardier), also bei allen Säugern, Vögeln, Reptilien und echten Fischen. Unter den Mollusken besitzen sie fast nur die Cephalopoden, welche sich auch in anderen Entwickelungsverhältnissen wesentlich von den übrigen Mollusken unterscheiden. Unter den Articulaten ist die epimorphe Hypogenese im Ganzen selten, ebenso unter allen übrigen Wirbellosen. Obgleich man diesen Entwickelungsmodus gewöhnlich für einen sehr einfachen zu halten pflegt, ist er doch, entsprechend schon der hohen Organisationsstufe, welche die betreffenden Thiere erreichen, umgekehrt für einen der complicirtesten zu erachten, und vom phylogenetischen Standpunkte aus für eine Art der Ontogenese, welche erst durch lange dauernde „Abkürzung der Entwickelung" entstanden ist.

Im Pflanzenreiche finden wir die epimorphe Hypogenese ebenso wie im Thierreiche als die fast ausschliessliche Entwickelungsform aller höheren und grösseren Organismen wieder (mit Ausnahme der höheren Cryptogamen). Wir finden dieselbe vor bei den höheren Algen (Fucaceen), ferner fast allgemein bei den Phanerogamen, nur diejenigen ausgenommen, welche durch frei sich ablösende Brutknospen (Bulbi und Bulbilli) auf monogenem Wege neue Bionten erzeugen (echte Metagenesis). Warum wir den Zeugungskreis der Phanerogamen nicht als echte Metagenesis anerkennen können, werden wir sogleich bei Betrachtung der Strophogenese näher begründen. Die ganze Formenfolge vom Ei bis zum Ei bildet hier eine einzige geschlossene Entwickelungskette und erscheint als ununterbrochene Differenzirungsreihe von successiven Formzuständen eines einzigen Bion, ganz wie bei den höheren Thieren. Es könnte demnach nur die Frage entstehen, ob wir die Ontogenese der Phanerogamen als metamorphe oder als epimorphe auffassen sollen, d. h. ob mit ihrer postembryonalen Entwickelung eine Metamorphose verbunden ist oder nicht. Dass die sogenannte „Metamorphose der Pflanzen", und der Phanerogamen insbesondere, wesentlich eine Differenzirungserscheinung ist, und keine Verwandlung in dem Sinne, in welchem der Begriff der Metamorphose von den Zoologen fast allgemein und täglich gebraucht wird, haben wir bereits oben (S. 23) gezeigt. Es könnte sich also nur fragen, ob sich ausserdem noch bei den hypogenen Pflanzen eine echte Metamorphose in dem vorher festgestellten Sinne findet, d. h. eine postembryonale Entwickelung mit Verlust provisorischer Theile. Als solche „provisorische Theile" könnte

man bei den Phanerogamen die Cotyledonen oder Keimblätter auffassen; und wenn man diese Auffassung gelten lässt, so würde die Hypogenesis der Phanerogamen nicht als epimorphe, sondern als metamorphe Entwickelung zu betrachten sein, und der Verlust der Keimblätter als Akt der Verwandelung. Die Keimpflanze, d. h. die dem Samen entkeimte, aus den Eihüllen hervorgebrochene junge Pflanze wäre dann als „Larve" zu betrachten, so lange sie noch die Cotyledonen („Larvenorgane") besitzt.

Man pflegt den Entwickelungsmodus der epimorphen Hypogenese, wie er den meisten höheren Thieren und Pflanzen zukommt, gewöhnlich als einen „sehr einfachen" zu bezeichnen, gegenüber der metamorphen Hypogenese und der Metagenese. Indessen übersieht man dabei, dass die Entwickelungsvorgänge, welche hier innerhalb des Eies verborgen verlaufen, viel complicirtere und aus grösseren Reihen differenter Zeugungsakte zusammengesetzt sind, als bei denjenigen anscheinend äusserlich mehr zusammengesetzten Entwickelungsreihen, welche beim Generationswechsel etc. auftreten. Wahrscheinlich sind auch die scheinbar einfachsten Formen der epimorphen Hypogenese durch paläontologische „Abkürzung der Entwickelung" secundär aus viel verwickelteren Generationsreihen von metagenetischer Form hervorgegangen, in ähnlicher Weise, wie es die sogleich zu besprechende Strophogenese ahnen lässt.

IX. Metagenesis und Strophogenesis.

(Generationswechsel und Generationsfolge.)

Die Charakteristik des echten Generationswechsels oder der Metagenesis, welche wir oben festzustellen versuchten, hob als das wesentlichste Moment dieses Entwickelungsmodus die Zusammensetzung des Zeugungskreises aus zwei oder mehreren successiven Bionten hervor, welche theils auf geschlechtlichem, theils auf ungeschlechtlichem Wege entstehen. Es wird also hier die Species durch zwei oder mehr verschiedene, theils sexuelle, theils esexuelle Bionten oder physiologische Individuen vertreten, von denen die ersteren die unmittelbaren Erzeugnisse der letzteren sind.

Wie schon dort hervorgehoben wurde, hat man neuerdings den Begriff des Generationswechsels viel weiter ausgedehnt, indem man auch ähnliche Entwickelungsreihen von höheren Organismen und insbesondere von den Phanerogamen hereinzog. Allerdings ist der Zeugungskreis, welchen die Stöcke der Phanerogamen durchlaufen, in mancher Hinsicht der echten Metagenesis sehr ähnlich, aber dennoch unserer Ansicht nach in anderer Beziehung wesentlich verschieden, und gerade derjenige Charakter, den wir oben als den entscheidenden hingestellt

haben, fehlt denselben. Bei allen Phanerogamen-Stöcken entspringt aus der geschlechtlichen Zeugung ein Spross (Blastus), also ein Form-Individuum fünfter Ordnung, welches durch wiederholte ungeschlechtliche Zeugungsakte, nämlich durch unvollständige äussere Knospenbildung, zahlreiche andere Sprosse erzeugt, die zu einem Stocke oder Cormus vereinigt bleiben. Dieser Cormus ist aber ein einziges Form-Individuum sechster und höchster Ordnung, und als solches zugleich das physiologische Individuum (Bion), welches als concrete Lebenseinheit die Art repräsentirt oder das Speciesglied bildet. Da nun dieser Stock selbst wieder geschlechtsreif wird, oder da, genauer ausgedrückt, unmittelbar aus den integrirenden Bestandtheilen dieses Stocks, nämlich aus den geschlechtlich differenzirten Personen (Blüthensprossen) der Same amphigen erzeugt wird, welcher dem Stocke selbst den Ursprung giebt, so haben wir den ganzen Zeugungskreis als einen einfachen hypogenen Generationscyclus aufzufassen. In der That haben wir vom Ei bis zum Ei die vollkommen geschlossene Formenkette des einen physiologischen Individuums, welches als Stock aus einem Ei entsteht, und selbst wieder Eier zeugt. Der gewöhnliche Zeugungskreis der Phanerogamen ist also eben so gut ein einfacher hypogener, wie derjenige der Wirbelthiere.

Die Ansicht, dass der Entwickelungskreis der Phanerogamenstöcke auf einem echten Generationswechsel beruhe, würde dann richtig sein, wenn der Spross (Blastus) das physiologische Individuum derselben wäre [1]). Dies ist aber nicht der Fall, wie wir im dritten Buche gezeigt haben. Vielmehr ist der Spross, welcher als Form-Individuum fünfter Ordnung bei den Wirbelthieren in der That das physiologische Individuum bildet, bei den Phanerogamen nur ein untergeordneter Bestandtheil des Stockes oder Cormus, welcher hier als Form-Individuum sechster Ordnung die physiologische Individualität repräsentirt. Und da der letztere sich allerdings durch ungeschlechtliche Zeugungsakte **entwickelt**, aber lediglich durch geschlechtliche Zeugungsakte **fortpflanzt**, so ist unzweifelhaft der gewöhnliche Generationscyclus der Phanerogamen keine Metagenesis, sondern einfache Hypogenesis, wie bei den Wirbelthieren. Der Unterschied zwischen Beiden besteht nur darin, dass die physiologische Individualität hier durch ein morphologisches Individuum fünfter, dort aber sechster Ordnung, repräsentirt

[1]) Die Ansicht, dass der Spross das „eigentliche" Individuum der Pflanze sei, ist, wie wir im dritten Buche sahen, insofern richtig, als der Spross der thierischen Person morphologisch vollkommen entspricht, insofern aber unrichtig, als er bei den stockbildenden Pflanzen nicht das physiologische Individuum ist. Die in morphologischer Beziehung vollkommen richtige Ansicht von der Aequivalenz des pflanzlichen Sprosses und der thierischen Person ist am ausführlichsten von **Alexander Braun** begründet worden in seinen an gedankenvoller Naturbetrachtung so reichen Schriften über die „Verjüngung in der Natur", „das Individuum der Pflanze" etc., wo auch die Ansicht vom Generationswechsel der Phanerogamen am treffendsten ausgeführt ist.

wird. Als echten Generationswechsel, als wirkliche Metagenesis können wir bei den Phanerogamen nur jene Fälle auffassen, in denen sich Brutknospen (Bulbi, Bulbilli etc.) selbstthätig vom Stocke ablösen und also wirklich monogen erzeugte neue Bionten bilden (z. B. *Lilium bulbiferum*, *Dentaria bulbifera* etc.).

Die Vergleichung des scheinbaren Generationswechsels der Phanerogamen mit dem echten Generationswechsel der Cryptogamen und der höheren Thiere führt uns unmittelbar zu einer Betrachtung, welche sowohl für das Verständniss des zusammengesetzten Baues der höheren Organismen überhaupt, als auch besonders ihrer Entwickelungsverhältnisse von der grössten Bedeutung ist. Bei den Phanerogamen, wie sie uns besonders Alexander Braun's klare Betrachtungsweise tectologisch erläutert hat, ist es nämlich ganz richtig, dass der Stock (Cormus), also das morphologische Individuum sechster Ordnung, als einfaches Bion durch eine Reihe von ungeschlechtlichen Zeugungsprocessen untergeordneter morphologischer Individualitäten entsteht, welche endlich mit der Erzeugung geschlechtlicher Keime in den Blüthensprossen abschliessen. Verfolgen wir den gewöhnlichen Phanerogamen-Cormus auf seinem Lebenswege von der Theilung des Eies (Keimbläschen) an, so können wir eine Reihe von ungeschlechtlichen Zeugungsakten verschiedener Ordnungen unterscheiden, welche endlich mit der Eibildung den amphigenen Zeugungskreis vollendet. Ganz dasselbe finden wir aber auch, wenn wir die einzelnen Entwickelungsakte der höheren Thiere, z. B. der Wirbelthiere, vergleichen, deren Ontogenesis doch allgemein und ohne Widerspruch als einfache Hypogenesis, als Amphigenesis ohne Generationswechsel, aufgefasst wird. Auch hier stossen wir von der Theilung (Furchung) des Eies an auf eine ganze Reihe von ungeschlechtlichen Zeugungsakten, welche endlich mit der Geschlechtsreife den amphigenen Zeugungskreis abschliesst. Die im nächstfolgenden Abschnitte aufgestellte Parallele zwischen den ontogenetischen monogenen Zeugungsakten der Vertebraten und Dicotyledonen wird diese Uebereinstimmung anschaulicher erläutern und sogar bis zu einem Grade nachweisen, welcher wahrhaft erstaunlich ist. Bei den Wirbelthieren ebenso wie bei den Phanerogamen durchläuft das Bion während seiner ontogenetischen Entwickelung die ganze Reihe von untergeordneten morphologischen Individualitäten, welche derjenigen vorausgehen, in der es schliesslich als reifes Bion die Species repräsentirt. Jede höhere Individualitäts-Ordnung wird durch einen besonderen ungeschlechtlichen Zeugungsakt von der vorhergehenden nächst niederen erzeugt, und auch innerhalb des Entwickelungslaufes jeder einzelnen Individualitäts-Ordnung finden wir noch massenhaft wiederholte monogene Zeugungsakte der Plastiden, welche die Organe etc. constituiren. Dennoch wird es Niemand einfallen, diese Entwickelungs-

reihe, die aus einer ganzen Kette von verschiedenen, monogen aus einander hervorgehenden, untergeordneten Generationen besteht, als echte Metagenesis betrachten zu wollen. Denn die ganze Zeugungskette verläuft Schritt für Schritt im ununterbrochenen Zusammenhange an einem und demselben physiologischen Individuum oder Bion. Der einzige Unterschied zwischen der Hypogenese der höchsten Pflanzen und Thiere ist der, dass die letzteren (Vertebraten, Arthropoden) nicht die letzte und höchste, die sechste Stufe der morphologischen Individualität erreichen, sondern vorher auf der fünften stehen bleiben. Der Cormus ist aber ebenso die specifische Form des reifen Bion bei den Phanerogamen, wie die Person bei den Vertebraten und Arthropoden.

Ganz ähnliche Reihen von eng verketteten ungeschlechtlichen Zeugungsakten begleiten die Ontogenesis bei allen Organismen, die nicht als Bionten auf der ersten Stufe der Plastide stehen bleiben. Bei den höheren Mollusken z. B., deren physiologische Individualität stets auf der vierten Stufe des Metameres stehen bleibt, können wir ganz eben solche Zeugungsreihen unterscheiden, ohne dass wir auch hier von einer echten Metagenese sprechen können. Die Cephalopoden, Cochleen, Lamellibranchien etc. verhalten sich in dieser Beziehung ganz ähnlich zu den Wirbelthieren, wie diese ihrerseits zu den Phanerogamen.

Wir glauben daher nicht zu irren, wenn wir alle diese ungeschlechtlichen Zeugungsketten, die an einem einzigen, geschlechtlich erzeugten und selbst geschlechtsreif werdenden Bion verlaufen, von dem echten Generationswechsel, der stets an zwei oder mehreren Bionten abläuft, unterscheiden, und schlagen vor, dieselben allgemein mit dem Namen der G e n e r a t i o n s f o l g e oder S t r o p h o g e n e s i s zu bezeichnen. Es kann demnach der scheinbare Generationswechsel der Phanerogamen als Strophogenesis von Cormen, die individuelle Entwickelung der Vertebraten und Arthropoden als Strophogenesis von Personen, diejenige der höheren Mollusken als Strophogenesis von Metameren bezeichnet werden. Will man diese Auffassung bis zu ihren letzten Consequenzen verfolgen, so muss eigentlich alle Amphigenesis von polyplastiden Organismen als Strophogenesis aufgefasst werden, da alles „zusammengesetzte Wachsthum“ derselben mit Zeugungsakten von Plastiden verbunden ist.

Die objective Betrachtung der Strophogenesis und ihr Vergleich mit der Metagenesis ist äusserst wichtig und lehrreich, besonders auch für das Verständniss der Parallele zwischen der Ontogenese und Phylogenese. Es ist leicht möglich, dass viele Processe, die wir jetzt zur Strophogenese rechnen müssen, in früheren Zeiten der Erdgeschichte wirkliche Metagenese waren und erst nachträglich durch „Abkürzung der Entwickelung“ zusammengezogen wurden. In welcher Weise wir uns die Entstehung der höheren Organismen durch Strophogenese ungefähr denken, mag das nachfolgende Beispiel zeigen.

X. Parallele Strophogenesis der dicotyledonen Phanerogamen und der Vertebraten.

I. Dicotyledonen.

Erster Zeugungs-Akt: Das Bion entsteht als Pflanzen-Ei (Embryobläschen) im Embryosack durch Emplasmogonie.

Erste Generation: Das Bion ist ein Form-Individuum erster Ordnung, eine einfache Plastide: Pflanzen-Ei (Embryobläschen, Keimbläschen).

Zweiter Zeugungs-Akt: Das Bion wird durch fortgesetzte Theilung zum einfachen Organ: Proembryo.

Zweite Generation: Das Bion ist ein Körper vom morphologischen Werthe eines einfachen Organs (aus einer Zellenart zusammengesetzt) oder ein Form-Individuum zweiter Ordnung: Vorkeim oder Proembryo.

Dritter Zeugungs-Akt: Das Bion (jetzt Proembryo) erzeugt durch Spaltung (laterale Knospenbildung) ein neues Individuum zweiter Ordnung: eigentlicher Keim oder Embryo. Da Embryo und Proembryo aus differenten Plastiden bestehen, erscheint das ganze Bion jetzt als „zusammengesetztes Organ".

Dritte Generation: Das Bion ist ein morphologisches Individuum zweiter Ordnung (ein zusammengesetztes Organ), welches sich auf Kosten des elterlichen Proembryo entwickelt: Keim oder eigentlicher Embryo.

Vierter Zeugungs-Akt: Das Bion (jetzt Embryo) erzeugt durch Wachsthum, Differenzirung und unvollständige laterale Knospenbildung zwei neue Individuen zweiter Ordnung (Organe), die beiden Cotyledonen (rechtes und linkes Keimblatt). Durch die gegenständige Stellung derselben und die zwischen beiden sich erhebende Axenspitze (Terminalknospe) zerfällt der Embryo in zwei Form-Individuen dritter Ordnung (Antimeren) und wird dadurch selbst zu einem Individuum vierter Ordnung: Metamer.

II. Vertebraten.

Erster Zeugungs-Akt: Das Bion entsteht als Thier-Ei durch Zelltheilung (?) im Eierstock.

Erste Generation: Das Bion ist ein Form-Individuum erster Ordnung, eine einfache Plastide: Thier-Ei (Ovum, Ovulum).

Zweiter Zeugungs-Akt: Das Bion wird durch fortgesetzte Theilung zum einfachen Organ: Blastoderma.

Zweite Generation: Das Bion ist ein Körper vom morphologischen Werthe eines einfachen Organs (aus einer Zellenart zusammengesetzt) oder ein Form-Individuum zweiter Ordnung: Keimhaut oder Blastoderma.

Dritter Zeugungs-Akt: Das Bion (jetzt Blastoderma) erzeugt durch Spaltung (Theilung) drei neue Individuen zweiter Ordnung: die drei Keimblätter, welche in der Mitte sich verdicken und zur Embryonal-Anlage (Doppelschild) verwachsen. Da die drei Keimblätter aus differenten Plastiden bestehen, erscheint das Ganze jetzt als „zusammengesetztes Organ".

Dritte Generation: Das Bion ist ein morphologisches Individuum zweiter Ordnung (ein zusammengesetztes Organ), welches sich auf Kosten des elterlichen Blastoderma entwickelt: Doppelschild oder Embryonalanlage, eigentlicher Embryo.

Vierter Zeugungs-Akt: Das Bion (jetzt Embryo) erzeugt durch Wachsthum, Differenzirung und unvollständige Längstheilung zwei neue Individuen zweiter Ordnung (Organe), die beiden Medullarplatten oder Rückenwülste (rechte und linke Rückenplatte). Durch die gegenseitige Stellung derselben und die zwischen Beiden sich vertiefende Axenrinne (Primitivrinne) zerfällt der Embryo in zwei Form-Individuen dritter Ordnung (Antimeren) und wird dadurch selbst zu einem Individuum vierter Ordnung: Metamer.

Vierte Generation: Das Bion ist ein morphologisches Individuum vierter Ordnung (Metamer), welches aus zwei Form-Individuen dritter Ordnung (Antimeren) zusammengesetzt ist: der eudipleure Embryo mit den beiden Cotyledonen, welche denselben in linke und rechte Seitenhälfte theilen und die drei Richtaxen bestimmen.

Fünfter Zeugungs-Akt: Das Bion (jetzt eudipleurer Embryo mit Cotyledonen) erzeugt durch wiederholte Terminalknospenbildung eine Kette von unvollständig getrennten Metameren, den Stengelgliedern (Internodien), welche als „Plumula" die Grundlage eines Form-Individuums fünfter Ordnung bilden, des Sprosses (Blastos).

Fünfte Generation: Das Bion als eudipleurer Embryo mit Cotyledonen und Plumula ist ein morphologisches Individuum fünfter Ordnung (Spross) und verlässt als solcher die Eihüllen, um sich ausserhalb derselben weiter zu entwickeln. Die junge einfache Pflanze besteht als Spross aus einem einzigen, aus Stengelgliedern zusammengesetzten Axorgan und aus seitlichen Blattorganen (Cotyledonen und Blattanlagen der Plumula), welche durch ihre Stellung die Grundform bestimmen.

Sechster Zeugungs-Akt: Das Bion (jetzt vollständiger Spross [Blastos] oder einfache Pflanze) erzeugt durch laterale Knospenbildung neue Sprosse (Blasten), welche mit ihm in Verbindung bleiben und so ein Form-Individuum sechster und letzter Ordnung herstellen, einen Stock (Cormus).

Sechste Generation: Das Bion als „zusammengesetzte Pflanze" oder Stock (Cormus) ist ein morphologisches Individuum sechster Ordnung und hat als solches den höchsten Grad der morphologischen Individualität erreicht, welcher überhaupt vorkommt. Er entwickelt sich durch einfache Hypogenese (durch zusammengesetztes Wachsthum und Differenzirung) weiter bis zum geschlechtsreifen Bion.

Vierte Generation: Das Bion ist ein morphologisches Individuum vierter Ordnung (Metamer), welches aus zwei Form-Individuen dritter Ordnung (Antimeren) zusammengesetzt ist: der eudipleure Embryo mit der Primitivrinne und den beiden Medullarwülsten, welche denselben in linke und rechte Seitenhälfte theilen und die drei Richtaxen bestimmen.

Fünfter Zeugungs-Akt: Das Bion (jetzt eudipleurer Embryo mit Primitivrinne und Medullarwülsten) erzeugt durch wiederholte Terminalknospenbildung eine Kette von unvollständig getrennten Metameren, den Urwirbeln, welche als „Urwirbelsäule" die Grundlage eines Form-Individuums fünfter Ordnung bilden, der Person (Prosopon).

Fünfte Generation: Das Bion als eudipleurer Embryo mit Medullarrohr und Urwirbelsäule ist ein morphologisches Individuum fünfter Ordnung (Person) und hat als solcher den höchsten Grad der morphologischen Individualität erreicht, welcher im Wirbelthier-Phylon vorkommt. Er verlässt als solcher die Eihüllen und entwickelt sich durch einfache Hypogenese weiter bis zum geschlechtsreifen Bion.

Achtzehntes Capitel.

Entwickelungsgeschichte der morphologischen Individuen.

„Betrachten wir alle Gestalten, besonders die organischen, so
finden wir, dass nirgend ein Bestehendes, nirgend ein Ruhend-
ein Abgeschlossenes vorkommt, sondern dass vielmehr Alles in ste-
stäten Bewegung schwankt. Das Gebildete wird sogleich wie-
umgebildet, und wir haben uns, wenn wir einigermassen zum le-
bendigen Anschaun der Natur gelangen wollen, selbst so beweglich
und bildsam zu erhalten, nach dem Beispiele, mit dem sie uns
vorgeht." Goethe

I. Ontogenie der Plastiden.

Individuelle Entwickelungsgeschichte der Plasmastücke.

Die Ontogenie der Plastiden oder Plasmastücke, der morpholo-
schen Individuen erster Ordnung, ist die allgemeine Basis der gesamm-
ten individuellen Entwickelungsgeschichte. Da jeder Organismus al-
Bion oder physiologisches Individuum entweder durch eine einzige Pla-
stide oder durch einen Complex von mehreren vereinigten Plastiden,
also durch ein Form-Individuum zweiter bis sechster Ordnung reprä-
sentirt wird, so lässt sich die Entwickelung desselben stets auf die Ge-
nesis der Plastiden zurückführen. Wie alle physiologischen Function-
des Organismus bei den monoplastiden Bionten die Functionen ein-
einzigen Plastide, bei den polyplastiden Bionten aber in letzter Insta-
nichts Anderes sind, als das Resultat der Functionen aller Plastid-
welche denselben als Aggregat zusammensetzen, so gilt dies natürli-
auch von denjenigen Lebenserscheinungen, auf welchen alle organisc-
Entwickelung beruht, von der Zeugung, dem Wachsthum, der Diff-
renzirung und Degeneration. Die Reihe von continuirlichen Formv-
änderungen, welche der concrete, sinnlich wahrnehmbare Ausdruck d-
ser Lebensbewegungen und das reale Object der individuellen Ent-
ckelungsgeschichte ist, lässt sich demgemäss in letzter Instanz eb-
falls als das nothwendige Gesammtresultat aller derjenigen Formv-

änderungen ansehen, welche an den constituirenden Plastiden, den Cytoden und Zellen, verlaufen. Dieses wichtige Gesetz gilt sowohl von der Structur als von der Grundform aller Individuen zweiter bis sechster Ordnung. Sowohl die tectologischen als die promorphologischen Verhältnisse jedes Individuums, welches einer der fünf höheren Individualitäts-Ordnungen angehört, sind unmittelbar abhängig von den bestimmenden Verhältnissen der nächstniederen constituirenden Individualitäts-Ordnung, und also in letzter Instanz allemal von den Plastiden. Wie die vollendete Form, so muss sich auch die werdende verhalten, und so ist in der That die Entwickelung aller zusammengesetzten Individuen, vom Organ bis zum Cormus, unmittelbar bedingt durch die Plastidogenesis. Diese Andeutungen mögen genügen, um wiederholt auf die ausserordentlich hohe und fundamentale Bedeutung hinzuweisen, welche die Plastidogenie für die Entwickelungsgeschichte aller Form-Individuen zweiter bis sechster Ordnung und somit für die gesammte Ontogenie besitzt.

Die physiologischen Functionen, auf denen die Entwickelung der Plastiden beruht, sind dieselben wie bei allen übrigen Individualitäten, nämlich Vorgänge der Zeugung, des Wachsthums, der Differenzirung und der Degeneration (vergl. S. 72—76). Da von den drei letzteren Entwickelungsfunctionen sich sehr wenig Allgemeines aussagen lässt, was nicht schon im Vorhergehenden erwähnt wäre, so werden wir auf dieselben sowohl hier bei den Plastiden, als auch nachher bei den Form-Individuen zweiter bis sechster Ordnung, nur einen flüchtigen Seitenblick werfen, und dagegen vorzugsweise die Entstehung der Individuen durch verschiedene Arten der Zeugung berücksichtigen, welche wesentlichere und allgemeiner zu unterscheidende Differenzen bei den verschiedenen Organismen zeigt. Nächst der Zeugung ist es vorzüglich die Differenzirung, welche das meiste Interesse darbietet, jedoch im Einzelnen schon zu viel tiefgreifende Verschiedenheiten selbst bei nächstverwandten Organismen zeigt, als dass eine allgemeine vergleichende Behandlung derselben schon jetzt sehr fruchtbar erscheinen könnte.

Wir werden aus diesen Gründen auf eine gleichmässig eingehende Behandlung aller vier verschiedenen Entwickelungsfunctionen bei dem ganz allgemeinen und flüchtigen Ueberblicke, den die Entwickelungsgeschichte der morphologischen Individuen gegenwärtig zu gewähren vermag, verzichten müssen. Dasselbe gilt in noch höherem Grade von den drei verschiedenen Stadien der Entwickelung, welche wir im Vorhergehenden unterschieden haben, der Aufbildung (Anaplasis), der Umbildung (Metaplasis) und der Rückbildung (Cataplasis). Welche grossen Schwierigkeiten auch bei der allgemeinsten Betrachtung einer scharfen Trennung dieser drei Stadien entgegenstehen, ist daselbst bereits erwähnt. Die Ontogenie der Individuen aller verschiedenen Ord-

nungen legt uns diese Hindernisse überall in unseren Weg, wenngleich an verschiedenen Stellen in verschiedenem Maasse. Die mechanische Entwickelungsgeschichte der Zukunft, welche strenger den Causalnexus der ontogenetischen Erscheinungen erfasst haben wird, kann mit mehr Aussicht auf Erfolg den allgemeinen Versuch einer durchgreifenden Trennung und vergleichenden Darstellung der verschiedenen Stadien der Ontogenesis unternehmen, als es uns gegenwärtig möglich sein würde. Wir verzichten daher hier vollständig auf eine scharfe Charakteristik der ontogenetischen Stadien, und wenden uns bloss zu ihren allgemeinen Functionen.

Die Plastidogenie [1]) oder die Entwickelungsgeschichte der Plastiden ist, wie die gesammte Plastidologie oder die sogenannte Histologie eine noch sehr junge Wissenschaft, welche erst seit der Begründung der Zellentheorie durch Schleiden (1837) und Schwann (1839) ihr noch weit entferntes Ziel mit Bewusstsein zu verfolgen beginnen konnte. Allerdings ist nun in den drei seitdem verflossenen Decennien durch die reichen empirischen Beiträge zahlloser Einzelforscher die Histologie rasch zu einem ungeheuren Umfang angeschwollen. Indessen ist der wirklich wissenschaftliche Kern, das bleibend werthvolle Endresultat dieses colossalen Materials verhältnissmässig nur ein sehr geringes, da man allgemein viel zu einseitig bestrebt war, Einzelheiten zu sammeln, ohne an die allgemeinen Gesetze zu denken, die sich aus ihnen ergeben sollen. Den meisten Mikroskopikern war es hauptsächlich darum zu thun, möglichst viele neue und seltsame Zellenformen aufzufinden und in der Darstellung und Benennung dieser Formen dieselbe Formenspielerei zu treiben, welche sie bei den makroskopischen descriptiven „Systematikern" verachteten. Nur eine geringe Anzahl von Histologen hat bisher gründlich vergleichende und denkende Beobachtungsreihen angestellt und nur sehr Wenige sind bisher bestrebt gewesen, in dem Chaos der unendlich mannichfaltigen Zellenformen das Gemeinsame ihrer Bildungsgesetze zu erkennen. Daher hat man auch der Entwickelungsgeschichte der Plastiden verhältnissmässig viel weniger Aufmerksamkeit, als ihrer Anatomie geschenkt, zumal dieselbe eine weit intensivere Beobachtung und denkendere Betrachtung erforderte, als bei den Meisten beliebt, und als zu der blossen Beschreibung der

[1]) Die Entwickelungsgeschichte der morphologischen Individuen erster Ordnung oder der Plastiden (Cytoden und Zellen) wird gewöhnlich als Entwickelungsgeschichte der Gewebe oder als Histogenie bezeichnet. Jedoch ist der Begriff des „Gewebes", wie wir im neunten Capitel gezeigt haben, keiner scharfen Definition fähig; da man unter den einfachen oder niederen Geweben nur die verschiedenen Formen („Arten") der Plastiden, unter den zusammengesetzten oder höheren Geweben aber bereits Individuen zweiter Ordnung oder Organe (Zellfusionen, Zellstöcke, einfache Organe etc.) versteht. Schon aus diesem Grunde erscheint es passend, den gebräuchlichen Namen der Histogenie durch den schärfer und umfassender bezeichnenden Begriff der Plastidogenie zu ersetzen.

fertigen Elementartheile erforderlich ist. Und doch ist der hohe Werth, den die Entwickelungsgeschichte der Organismen für das Verständniss ihrer Structur, den die Kenntniss des Werdens für die Erkenntniss des Gewordenen besitzt, nirgends von solcher fundamentalen Bedeutung, als bei den organischen Individuen erster Ordnung, aus denen sich alle höheren erst zusammensetzen.

Als den wesentlichen, charakteristischen und nie fehlenden Formbestandtheil aller Plastiden haben wir im neunten Capitel ein zusammenhängendes Plasmastück oder einen Plasmaklumpen nachgewiesen, d. h. ein individuelles Aggregat von Molekülen jener complicirt zusammengesetzten, festflüssigen Eiweiss-Verbindung, welche wir in allen Fällen als den eigentlichen „Lebensstoff", als das materielle active Substrat der Lebensbewegungen betrachten müssen. Besteht der ganze active Plastidenkörper bloss aus einem solchen Plasmaklumpen, so nennen wir ihn Cytode; hat er sich dagegen in einen centralen Kern und eine peripherische Plasma-Substanz differenzirt, so nennen wir ihn Zelle. Wie alle Functionen, alle activen Lebenserscheinungen der Plastiden, so geht auch ihre Entwickelung, so gehen auch die Functionen der Zeugung und des Wachsthums, der Differenzirung und der Degeneration lediglich von jenem activen Bestandtheile aller Plastiden aus, bei den Cytoden also allein vom Plasma, bei den Zellen vom Plasma und zugleich vom Kern. Die Entwickelungsgeschichte der Cytoden sowohl als der Zellen muss daher alle Formveränderungen, welche an diesen Form-Individuen erster Ordnung vor sich gehen, als das nothwendige Resultat der Bewegungs-Erscheinungen zu erkennen suchen, welche von den Molekülen der Eiweiss-Verbindungen ausgehen, die sowohl das Plasma, als den Nucleus constituiren. Sowohl die Anaplase, die Entstehung und Aufbildung der Plastiden, als ihre Metaplase und Cataplase, ihre Umbildung und Rückbildung, werden in erster Linie immer durch chemisch-physikalische Veränderungen jener activen Albuminate bewirkt, denen alle anderen Gewebsbestandtheile als passive „Plasma-Producte" gegenüberstehen (vergl. Bd. I, S. 279).

Die Plastidogenesis beginnt mit der Entstehung der Plastiden durch Zeugung. Sowohl bei den Cytoden als bei den Zellen wird diese in der Regel durch Spaltung, und zwar meistens durch Zweitheilung vorhandener Plastiden bewirkt. Die Zellen können immer nur entweder aus vorhandenen elterlichen Zellen oder aus Cytoden erzeugt werden, wogegen die Cytoden ausser der parentalen Zeugung auch durch Urzeugung oder Archigonie entstanden sein müssen. Bei der ausserordentlich hohen Bedeutung, welche diese ersten Anfänge der organischen Entwickelung für die gesammte Ontogenie haben, wollen wir hier nochmals kurz darauf zurückkommen, und die Genesis der Cytoden und der Zellen gesondert ins Auge fassen.

Die Cytoden, als die niedrigsten aller organischen Individuen, deren activer Körper lediglich aus einem einfachen, nicht differenzirten Plasmastücke besteht, sind für uns hier deshalb von besonderer Bedeutung, weil ihre einfachsten Formen, die homogenen, structurlosen Moneren, die einzigen Organismen sind, welche wir uns durch Urzeugung entstanden denken können. Mit diesen muss nothwendig das Leben auf unserer Erde zu irgend einer Zeit zum ersten Male begonnen haben, und zwar mit derjenigen Form der Archigonie, welche wir oben als Autogonie erörtert haben (Bd. I, S. 179). Wie wir dort ausführten, müssen wir uns die Autogonie oder Selbstzeugung der Moneren als einen physikalisch-chemischen, der Krystallisation analogen Akt denken, durch den in einer Flüssigkeit, welche (analog einer Mutterlauge) die zur Constitution der complicirten Eiweiss-Verbindungen gehörigen Stoffe gelöst enthält, diese unter bestimmten Bedingungen wirklich zur Bildung von Eiweiss-Molekülen zusammentreten. Durch die Aggregation einer Summe von solchen Eiweiss-Molekülen zu einem individuellen, räumlich begrenzten, und lebenden, d. h. sich ernährenden (und durch Spaltung fortpflanzenden) Körper entsteht autogon eine Cytode einfachster Art, ein Moner. Die Hypothese dieser Autogonie ist für uns ganz unentbehrlich. Denn die allgemein angenommene Erdbildungstheorie von Kant und Laplace involvirt selbstverständlich die Annahme, dass das Leben auf der Erde zu irgend einer Zeit einmal einen Anfang hatte, und diesen Anfang können wir uns nicht als „Schöpfung", sondern nur als Urzeugung (Generatio spontanea), und zwar nur als Autogonie denken. Die noch jetzt lebenden Moneren, die Protamoeben, Protogeniden, Vibrionen, Protomonaden etc. führen uns die wahrscheinliche, oder doch die mögliche Beschaffenheit jener autogonen Cytoden unmittelbar vor Augen (vergl. S. 33).

Ob ausser der Autogonie, durch welche nothwendig die ersten lebenden Organismen auf unserer Erde, die autogonen Moneren, entstanden sein müssen, auch die andere Form der Urzeugung, die Plasmogonie, zur Entstehung von elternlosen Cytoden die Veranlassung gegeben hat, und vielleicht noch giebt, ist nicht festgestellt. Die Plasmogonie unterscheidet sich von der Autogonie, wie wir oben sahen (S. 34), dadurch, dass die eiweissartigen Kohlenstoff-Verbindungen, aus welchen die Cytoden entstehen, bereits in bildungsfähigem Zustande in der Bildungsflüssigkeit (Cytoblastema) gelöst sind. Wenn die Bildung der Gährungspilze, wie sie nach Schleiden und Schwann in gährenden Flüssigkeiten durch Archigonie erfolgen sollte, richtig wäre, so würde dieser Vorgang als eine echte Plasmogonie aufzufassen sein. Obgleich durch das herrschende Dogma von der Unmöglichkeit der Urzeugung jetzt allgemein zurückgedrängt, existirt diese Plasmogonie vielleicht heute dennoch thatsächlich, selbst in weiterer Ausdehnung

Jedenfalls schliesst sich die empirisch festgestellte Emplasmogonie der Zellen, welche sogleich noch zu erwähnen ist, unmittelbar an dieselbe an.

Die weitere Entwickelung der archigonen Cytoden können wir uns zunächst nur denken als ein einfaches Wachsthum derselben bis zu einem gewissen Maasse. Wie die Autogonie im Ganzen der Krystallisation, so haben wir auch dieses Wachsthum der Moneren dem Wachsthum der Krystalle oben eingehend verglichen (Bd. I, S. 142 ff.). Der wesentliche Unterschied zwischen beiden liegt nur darin, dass bei den festen Krystallen das Wachsthum durch Apposition, bei den festflüssigen Moneren dagegen durch Intussusception erfolgt. Wenn das Wachsthum des Moneres bis zu einem Maasse fortschreitet, welches die Cohäsion aller Eiweiss-Moleküle zu einer einzigen Masse nicht mehr gestattet, so zerfällt dasselbe in mehrere; es entstehen durch Spaltung der elterlichen Cytode zwei oder mehrere neue, kindliche Cytoden; das Wachsthum geht über in die Fortpflanzung.

Die Spaltung der Cytoden, welche gegenwärtig der gewöhnliche Vorgang ihrer Vermehrung ist, besteht allgemein darin, dass die Cytode (gleichviel ob sie autogon oder durch Spaltung aus einer anderen Cytode entstanden ist) in zwei oder mehrere Cytoden zerfällt, sobald sie die Grenze ihres individuellen Wachsthums überschreitet. Sobald die Cohäsion der Eiweiss-Moleküle, welche durch Intussusception von der wachsenden Cytode aufgenommen und dem Attractionscentrum zugeführt werden, nicht mehr ausreicht, die gesammte Masse als Individuum zusammenzuhalten, bilden sich zwei oder mehrere neue Attractionscentra, um welche sich die Plasma-Moleküle in zwei oder mehreren getrennten Haufen sammeln. Die äussere Form der Cytoden-Spaltung ist sehr mannichfaltig. Am häufigsten ist die Theilung, seltener die Knospenbildung derselben. Bei der Theilung zerfällt die ganze Cytode entweder in zwei (Dimidiatio) oder in mehrere (Diradiatio) gleiche Theile, die entweder gleich bleiben oder sich nachträglich differenziren können. Bei der Knospenbildung dagegen spaltet sich in Folge localen, partiellen Wachsthums ein einzelnes Stück der Cytode als Knospe von der elterlichen Cytode ab.

Bei vielen niedersten, besonders monocytoden Organismen-Arten (Protisten, Algen) scheint dieser einfachste Zeugungsmodus der Spaltung die einzige Propagationsform der Cytode zu sein. Bei anderen dagegen vermehrt sich die Cytode auch durch Keimbildung oder Sporogonie. Es bilden sich dann im Inneren der Cytode mehrere selbstständige (centralisirte) Plasmaklumpen, welche als „Keimkörner" oder Sporen aus dem elterlichen Körper heraustreten und sich ausserhalb desselben zu neuen Individuen seines Gleichen durch Wachsthum ergänzen. Sehr häufig geht dieser Sporogonie der Cytoden eine Con-

jugation oder Copulation derselben voraus: Zwei selbstständige Cytoden verschmelzen mit einander und in dem verschmolzenen Plasma entstehen Keimkörner, wie bei der Keimbildung; so z. B. bei manchen Pilzen und kernlosen Algen. Dieser Vorgang ist wesentlich von der einfachen Sporogonie dadurch verschieden, dass nicht die einzelne Plastide für sich, sondern erst in Verbindung mit einer anderen, fortpflanzungsfähig wird. Er bereitet die geschlechtliche Zeugung vor oder kann auch schon als deren Beginn betrachtet werden.

Die Zellen, oder die kernhaltigen Plastiden, können eigentlich niemals unmittelbar, gleich den kernlosen Cytoden, durch Urzeugung oder Archigonie entstehen, da ihre Zusammensetzung aus zwei differenten Materien, Kern und Plasma, immer bereits einen stattgefundenen Differenzirungsprocess voraussetzt. Diejenige Form der Zellenentstehung, welche sich der Archigonie am nächsten anschliesst, ist die sogenannte „freie Zellenbildung", welche besser als „emplasmatische Zellenbildung oder Emplasmogonie" bezeichnet wird. Es besteht dieser wichtige und merkwürdige Modus der Cytogonie darin, dass in einer formlosen Eiweissmasse, z. B. in derjenigen, welche durch Histolyse der Fliegenlarve entsteht, ferner im Plasma des Embryosacks der Phanerogamen, durch Aggregation von Plasma-Molekülen sich Kerne bilden, welche als Attractionscentra auf das umgebende Plasma wirken, sich mit einer Plasmahülle, oft noch äusserlich mit einer Membran umgeben, und so zu Zellen werden. Der wesentliche Unterschied zwischen dieser Emplasmogonie und der wirklichen Urzeugung in einer organischen Bildungsflüssigkeit (Plasmogonie) liegt darin, dass bei letzterer das productive Plasma ausserhalb, bei ersterer innerhalb eines bestehenden Organismus liegt. Allein der Entstehungsprocess eines individuellen, lebendigen, activen Plasmakörperchens durch Aggregation von Plasma-Molekülen, bedingt durch einfache physikalische Gesetze der Massen-Anziehung und Abstossung, ist in beiden Fällen derselbe. Ebenso wie wir dadurch bei der empirisch festgestellten Emplasmogonie mitten im structurlosen Plasma geformte Kerne (die Centra der Zellen) entstehen sehen, ebenso können wir uns dadurch bei der hypothetischen Plasmogonie mitten in dem structurlosen Cytoblastem geformte Cytoden einfachster Art entstehend denken, welche durch einen nachfolgenden Differenzirungsprocess von Kern und Plasma zu Zellen werden.

Die unmittelbare Entstehung von Zellen aus Cytoden durch Differenzirung von Kern und Plasma, wie wir sie hier hypothetisch als ursprünglichen Entstehungsmodus der ersten Zellen voraussetzen, scheint übrigens, auch abgesehen von jener Emplasmogonie, thatsächlich noch jetzt weit verbreitet zu sein. Wenn die von den meisten Embryologen noch gegenwärtig behauptete Thatsache wirklich richtig ist, dass in

dem ersten Entwickelungsstadium des thierischen Eies gewöhnlich das Keimbläschen oder der Eikern nicht unmittelbar in die beiden Kerne der zwei ersten Furchungskugeln sich spaltet, sondern vielmehr in dem Plasma (Dotter) der Eizelle sich vorher auflöst, so wird diese letztere dadurch zur Cytode, und wenn sie durch Neubildung eines neuen Kernes im Plasma wiederum zur Zelle wird, so müssen wir diesen Vorgang zweifelsohne als eine „Entstehung einer Zelle aus einer Cytode durch Differenzirung von Plasma und Kern“ ansehen.

Die Spaltung der Zellen ist der gewöhnliche Vorgang ihrer Entstehung. Sie besteht allgemein darin, dass die Zelle (gleichviel ob sie durch Differenzirung aus einer Cytode oder durch Spaltung aus einer anderen Zelle entstanden ist), in zwei oder mehrere Zellen zerfällt, sobald sie die Grenze ihres individuellen Wachsthums überschreitet. In den allermeisten Fällen, wahrscheinlich sogar immer, geht der Spaltung der ganzen Zelle eine Spaltung des Kernes vorher, so dass der ganze Spaltungsvorgang der Zelle in zwei Akte zerfällt: I) Spaltung des Kernes, II) Spaltung des Plasma, welches den Kern umgiebt. Es entstehen also zunächst in der sich theilenden einfachen Zelle, deren einer Kern einen einheitlichen Lebensheerd repräsentirt und das Ganze als Individuum zusammenhält, zwei oder mehrere Kerne, indem der eine ursprüngliche Kern sich theilt. Jeder der neuen Kerne wirkt sofort als Attractionscentrum auf die nächstgelegenen, zunächst ihn umschliessenden Plasmatheile, welche sich um ihn ansammeln und so die Spaltung der ganzen Zelle herbeiführen.

Trotz der grossen Mannichfaltigkeit, welche die Spaltung der Zellen bei den verschiedenen Organismen-Arten zeigt, kann man dennoch alle verschiedenen Formen derselben entweder als Theilung (Divisio) oder als Knospenbildung (Gemmatio) auffassen. Die Theilung der Zellen, welche besonders im Thierreiche sehr allgemein verbreitet ist, wird eingeleitet durch Theilung des Zellenkernes. Erst nachher zerfällt auch das Plasma und somit die ganze Zelle in zwei oder mehrere gleiche Theile, die entweder gleich bleiben oder sich nachträglich differenziren können. Leicht zu verfolgen ist die Zweitheilung bei den Blutzellen der Embryonen, bei vielen Epithelzellen, Furchungskugeln etc. Es sammelt sich um jeden der durch Theilung des ursprünglichen Kernes neugebildeten Kerne eine gleiche Quantität von Plasma an; die beiden Kerne weichen auseinander, und zwischen ihnen entsteht eine Spaltungsebene, welche auch die beiden Plasmahälften von einander trennt. Offenbar wirken hier die Kerne als active Attractionscentra auf das umgebende Plasma ein. Die Spaltungsebene ist entweder ideal und führt zu einer vollständigen räumlichen Trennung beider Theilproducte, oder sie ist real und wird durch eine Scheidewand gebildet, welche (gewöhnlich von der Membran der Mutterzelle aus-

wachsend) die beiden Tochterzellen trennt und zugleich in Contiguität vereinigt erhält. Wenn die Zellenmembran oder die äussere Hülle der Mutterzelle bei ihrem Zerfall in Tochterzellen ungetheilt bleibt, wie z. B. bei den Knorpelzellen, Furchungskugeln und vielen Pflanzenzellen, hat man diese unwesentliche Modification der Zellentheilung als einen besonderen Modus der Zellenvermehrung unter dem Namen der endogenen Zellenbildung unterschieden. Seit jedoch neuerdings die richtige Auffassung von der secundären Bedeutung der Zellenmembran allgemeiner geworden ist, hat jener Modus seinen früheren Werth verloren. Gewöhnlich ist die Zellentheilung Zweitheilung, und zwar bald indefinite, bald longitudinale, bald transversale, bald diagonale Halbirung. Selten ist Strahltheilung der Zellen (Diradiation), wobei dieselben gleichzeitig in drei oder mehrere gleiche Stücke zerfallen, z. B. die Epithelialcylinder im Darme der Froschlarven.

Die Knospenbildung der Zellen ist besonders im Pflanzenreiche sehr verbreitet: die ganze Zelle zerfällt hierbei zunächst in zwei oder mehrere ungleiche Theile, die entweder ungleich bleiben oder nachträglich gleich werden können; so z. B. bei allen Pflanzenzellen, bei denen das Wachsthum einseitig in einer bestimmten Richtung fortschreitet, und die Gipfelzellen, welche sich von den vorhergehenden Mutterzellen abschnüren, zu diesen sich gleich anfänglich wie Knospen verhalten. Es sammelt sich hier um jeden der durch Theilung des ursprünglichen Kernes neugebildeten Kerne eine ungleiche Quantität von Plasma an. Von den Botanikern wird zwar auch diese Spaltungsart der Zelle gewöhnlich als „Zelltheilung“ bezeichnet. Indessen können wir dieselbe nur dann mit vollem Rechte so nennen, wenn das Wachsthum, welches die Theilung der Mutterzelle einleitet, ein totales ist, und wenn diese dann in zwei oder mehrere gleiche, coordinirte Tochterzellen von gleichem Alter und Werthe zerfällt. Wenn dagegen, wie es bei der sogenannten Theilung der Pflanzenzellen sehr häufig der Fall ist, das einleitende Wachsthum nur ein einseitiges oder partielles ist, und wenn demgemäss die beiden Theilproducte (Tochterzellen) von ungleichem Alter und Werthe sind, die eine der anderen subordinirt, so müssen wir folgerichtig diesen Process als Knospenbildung auffassen, und die jüngere Tochterzelle, welche sich von dem älteren Reste der Mutterzelle abschnürt, als Knospe. Dies ist z. B. sehr klar bei der von den Botanikern sogenannten Zelltheilung der Algenfäden und der Fadenzellen der Nematophyten (Pilze und Flechten). Auch der Unterschied von terminaler und lateraler Knospenbildung der Zellen tritt bei den langgestreckten Fadenzellen dieser Thallophyten sehr schön hervor. Nicht minder deutlich ist dies an den langgestreckten cylindrischen Zellen vieler Phanerogamen (z. B. Haaren) zu unterscheiden. Viel seltener als bei den Pflanzen ist die Fortpflanzung der Zellen durch

Knospenbildung bei den Thieren, wo als bekanntestes Beispiel gewöhnlich die Eier der Nematoden angeführt werden.

Während die Entstehung der Zellen durch Spaltung (entweder Theilung oder Knospenbildung) die bei weitem häufigste Zeugungsart der Zellen ist, und zwar namentlich bei den Parenchymzellen der Thiere und Pflanzen, findet sich endlich daneben noch ein anderer Zeugungsmodus von Zellen, welcher vorzüglich für viele Protisten wichtig ist und hier auch oft allein die Fortpflanzung der Art vermittelt (z. B. bei vielen Protoplasten und Flagellaten, auch bei eizelligen Algen). Wir glauben denselben als Keimbildung oder Sporogonie der Zellen (und zwar als Monosporogonie oder Keimplastidenbildung) bezeichnen zu können. Es bilden sich in der zeugenden Zelle neben dem Kerne oder nach dessen Auflösung selbstständig im Plasma neue Kerne. Jeder neugebildete Kern wirkt wieder als Anziehungsmittelpunkt auf die benachbarten Plasma-Moleküle, welche dadurch von dem elterlichen Plasma abgelöst und zu neuen Zellen werden. Diese treten als Sporen aus der berstenden Mutterzelle hervor (z. B. Hydrocytien, Gregarinen, Flagellaten).

Nicht selten geht dieser Sporogonie eine Conjugation oder Copulation der Zellen voraus, welche ebenfalls vorzüglich bei den Protisten und bei den niederen Algen verbreitet ist. Sie unterscheidet sich von allen vorhergegangenen Zeugungsformen der Zellen wesentlich dadurch, dass nicht die einzelne Zelle für sich vermehrungsfähig ist, sondern erst nach ihrer Verbindung mit einer anderen Zelle. Es verschmelzen zwei Zellen theilweis oder völlig mit einander, die Kerne der beiden verschmolzenen Zellen lösen sich gewöhnlich auf, und in dem verschmolzenen Plasma entstehen, wie bei der Keimbildung, neue Kerne, um welche sich Plasma-Portionen ansammeln. Es sind also diese kindlichen Zellen durch die Verbindung zweier elterlichen erzeugt. Ist die Verschmelzung der beiden zeugenden Zellen vollständig, wie bei den Gregarinen, so nennen wir sie Copulation. Ist sie unvollständig, wie bei den Desmidiaceen, Conjugation. Wir erblicken darin den ersten Schritt zur geschlechtlichen Zeugung. Da das Wesen der letzteren lediglich in der Nothwendigkeit beruht, dass Plasma-Stoffe von zwei verschiedenen elterlichen Individuen sich vereinigen müssen, um die neuen kindlichen Individuen zu erzeugen, so können wir die Copulation der Plastiden, welche gleicherweise bei den Zellen, wie bei den Cytoden stattfindet, in der That als „geschlechtliche Zeugung der Plastiden“ von den drei vorher aufgeführten ungeschlechtlichen Zeugungsformen trennen (vergl. oben S. 62).

Das Wachsthum der Plastiden, welches wir als die zweite fundamentale Entwickelungs-Function hier unmittelbar auf die Zeugung folgen lassen, besteht in allen Fällen darin, dass die Plastide durch

Aufnahme neuer Stoff-Moleküle von aussen und Assimilation derselben ihr Volum vermehrt, sich vergrössert. Das Wachsthum der morphologischen Individuen erster Ordnung ist daher stets ein einfaches Wachsthum (Crescentia simplex, primaria) und, wie wir oben zeigten (S. 73), wesentlich von dem zusammengesetzten Wachsthum verschieden, durch welches sich die Form-Individuen zweiter bis sechster Ordnung vergrössern. Diese letzteren wachsen stets nur mittelbar, indirect, durch die wiederholten Zeugungsprocesse und das unmittelbare Wachsthum der constituirenden Plastiden. Aus diesem Grunde können wir die Crescentia composita (secundaria) aller Organe, Antimeren, Metameren, Personen und Stöcke lediglich als die secundäre, nothwendige Folge des primären, unmittelbaren Wachsthums der Plastiden ansehen. Dieses letztere aber, welches demnach als der einzige unmittelbare Wachsthumsprocess aller organischen Körper erscheint, ist in seinen einfachsten Formen nicht wesentlich von dem Wachsthum der Krystalle verschieden und lässt sich auf einfache Vergrösserung des Individuums durch Anziehung fremder Theile zurückführen (vergl. Bd. I, S. 141).

Die Differenzirungs-Processe der Plastiden sind für die gesammten Differenzirungs-Erscheinungen aller übrigen Individualitäten (zweiter bis sechster Ordnung) von ebenso hervorragender und fundamentaler Bedeutung, wie das einfache Wachsthum der ersteren für das zusammengesetzte Wachsthum der letzteren. In der That sind sämmtliche Divergenz-Erscheinungen, alle Akte der Arbeitstheilung oder des Polymorphismus, welche wir während der individuellen Entwickelung an den Organen, Antimeren, Metameren, Personen und Stöcken auftreten sehen, nichts weiter, als die unmittelbaren Wirkungen und die nothwendigen Resultate der gesammten Differenzirungs-Processe, welche an den constituirenden Plastiden (Cytoden und Zellen) ablaufen. Die Veränderungen aber, welche wir an diesen letzteren schnell und in kurzer Zeit vor unseren Augen vor sich gehen sehen, sind nichts Anderes, als kurze Wiederholungen der gleichen Veränderungen, welche die Voreltern dieser Plastiden langsam und in langen geologischen Perioden während ihrer paläontologischen Entwickelung durchlaufen haben. Diese Veränderungen sind lediglich durch die mechanisch wirkenden Ursachen der Anpassung und Vererbung bedingt, und durch natürliche Züchtung im Kampfe um das Dasein erworben. Man pflegt in der neueren Histologie die sämmtlichen Differenzirungs-Processe der Plastiden als „Metamorphose der Zellen" (richtiger Plastiden) zusammenzufassen. Diese Metamorphose der Plastiden, wie wir sie während des schnellen Laufes der individuellen Entwickelung Schritt für Schritt verfolgen können, ist nicht, wie sie von den Meisten angesehen wird, ein räthselhafter, auf unbekannten Ursachen beruhender, ganz

eigenthümlicher Lebensakt. Vielmehr ist sie eine mechanisch-physiologische Function, causal begründet in den Naturgesetzen der Anpassung und der Vererbung, welche auf Ernährungsfunctionen beruhen. Der physiologische Polymorphismus oder die Arbeitstheilung, welche im Laufe zahlreicher Generationen sich unter den alten Vorfahren der betreffenden Plastiden allmählich durch natürliche Züchtung im Kampfe um das Dasein ausgebildet hat, lässt die Spuren seiner phylogenetischen oder paläontologischen Entwickelung uns noch heutzutage in der Metamorphose oder morphologischen Differenzirung der heutigen Plastiden erkennen. Wie uns nun diese Erwägung — und sie allein! — das richtige Verständniss für die Differenzirung der Plastiden oder die sogenannte Zellenmetamorphose eröffnet, so liefert sie uns zugleich den Schlüssel für die Erklärung der Differenzirungs-Phänomene an sämmtlichen übrigen Individualitäten (zweiter bis sechster Ordnung).

Auf die unendlich mannichfaltigen Vorgänge der Differenzirung der Plastiden im Einzelnen einzugehen, oder auch nur die verschiedenen Modificationen ins Auge zu fassen, welche dieselben bei der Ontogenie der Individuen in den verschieden grösseren Organismengruppen darbieten, ist hier nicht der Ort. Wir wollen daher nur ganz kurz Folgendes hervorheben. Gänzlicher Mangel von Differenzirung findet sich bei den Moneren, jenen einfachsten aller Organismen, welche bloss aus einem homogenen und structurlosen Plasmaklumpen bestehen. Bei diesen beschränkt sich die ganze Ontogenie des Individuums auf seine Entstehung durch den Zeugungsakt und auf sein einfaches Wachsthum. Nachdem dies eine bestimmte Grenze erreicht hat, zerfällt das Moner, ohne sich differenzirt zu haben, in zwei Moneren u. s. w. Ganz ebenso verhalten sich auch die embryonalen Cytoden und Zellen der meisten Organismen, sowohl die eigentlichen „Furchungskugeln", als die aus diesen zunächst hervorgehenden indifferenten Plastiden. Die Vermehrung derselben geht so rasch vor sich, dass sie durch Spaltung in kindliche Plastiden zerfallen, ehe noch irgend welche Differenzirung eingetreten ist.

Die Differenzirung der Cytoden, der kernlosen Plastiden, ist im Ganzen bei weitem weniger mannichfaltig, als diejenige der Zellen. Zunächst äussert sie sich meistens in einer partiellen oder totalen Encystirung der Cytode; diese bildet sich eine unvollständige oder vollständige Schale oder Hülle, d. h. die Gymnocytode wird zur Lepocytode, zum kernlosen Schlauche oder Hautklumpen. Eine vollständige Hülle, ein geschlossenes Säckchen, bilden sich z. B. die langgestreckten fadenförmigen Cytoden (sogenannten Fadenzellen) der Nematophyten. Eine unvollständige Hülle (und zwar meistens eine sehr complicirt gebaute Kalkschale mit vielen Oeffnungen) bilden sich die Cytoden, welche die actuellen Bionten der meisten Acyttarien repräsentiren

(Polythalamien und Athalamien). Andere Differenzirungs-Processe der Cytoden können zur Bildung von festgeformten Inhaltsbestandtheilen („inneren Plasma-Producten“) führen, z. B. von Fettkörnern, Pigmentkörnern, Cellulose-Fäden, welche das Plasma der Cytode durchsetzen (z. B. bei *Caulerpa*) etc. Der wichtigste aber von allen Differenzirungsprocessen, welche die Cytode treffen können, ist die Divergenz des Plasma in zwei verschiedene Eiweisskörper, in einen inneren Kern (Nucleus) und ein äusseres Plasma (Protoplasma) im engeren Sinne. Dadurch wird die Cytode zur Zelle.

Die Differenzirung der Zellen, der kernhaltigen Plastiden, übertrifft an unerschöpflicher Mannichfaltigkeit bei weitem diejenige der Cytoden. Die Ursache dieser weit grösseren Entwickelungsfähigkeit liegt offenbar zunächst und ursprünglich in dem wichtigen Gegensatze und der beständigen Wechselwirkung von Nucleus und Plasma, deren Differenzirung die Zelle von der homogenen Cytode so wesentlich unterscheidet. Indem der Zellenkern als hauptsächlicher Träger der Fortpflanzungs- und somit der Vererbungs-Erscheinungen, das Plasma der Zelle dagegen als das besondere Substrat der Ernährungs- und somit der Anpassungs-Erscheinungen wirksam ist, vermögen Beide zusammen durch diese Arbeitstheilung weit mehr zu leisten, als es dem homogenen, nicht differenzirten Plasma der kernlosen Cytode für sich allein möglich ist. Die unendlich mannichfaltigen Differenzirungs-Producte der Zellen, welche durch die fundamentale und höchst wichtige Arbeitstheilung des Nucleus und Plasma entstehen, haben wir im neunten Capitel als Plasma-Producte im weitesten Sinne zusammengefasst, und auf zwei natürliche Gruppen, innere und äussere Plasma-Producte, vertheilt. Als äussere Plasma-Producte, welche man gewöhnlich als „Ausscheidungen“ des Plasma zu betrachten pflegt, fassten wir die sogenannten „Zellenmembranen“ und „Intercellularsubstanzen“ zusammen, welche in keiner Weise scharf von einander getrennt werden können. Als innere Plasma-Producte bezeichneten wir den sogenannten „Zellsaft“ und „Zellinhalt“, kurz alle diejenigen, theils formlosen, theils geformten Producte des Plasma, welche durch Differenzirung desselben in seinem Inneren abgelagert werden (vergl. Bd. I, S. 279—289).

Die Degeneration der Plastiden ist ebenso die Grundlage sämmtlicher organischen Degenerationsprocesse bei allen zusammengesetzten morphologischen Individuen (zweiter bis sechster Ordnung), wie die Differenzirung der letzteren immer auf eine Differenzirung der ersteren sich zurückführen lässt. Es sind also auch in dieser Beziehung die Plastiden die wahren „Elementar-Organismen“, und obwohl man gerade ihren regressiven Veränderungen bisher am wenigsten Aufmerksamkeit geschenkt hat, verdienen sie dieselbe doch in nicht geringerem Grade als die progressiven Vorgänge des Wachsthums und der

Differenzirung. Denn auf der Degeneration der Plastiden beruhen alle cataplastischen Vorgänge, welche wir an den organischen Individuen aller Ordnungen wahrnehmen, und in letzter Folge also auch der Tod, welcher durch die Häufung derselben herbeigeführt wird. Ebenso wie das Wachsthum der Plastiden die Anaplasis, die Differenzirung derselben die Metaplasis, so veranlasst vorzüglich die Degeneration der Plastiden die Cataplasis, nicht allein der Plastiden selbst, sondern auch aller Form-Individuen zweiter bis sechster Ordnung, welche aus denselben zusammengesetzt sind.

Die Degenerations-Processe der Plastiden schliessen sich unmittelbar an ihre Differenzirungs-Erscheinungen an und sind in keiner Weise scharf von diesen zu unterscheiden. Sehr oft ist die Degeneration eines bestimmten Theiles einer Plastide mit einer correspondirenden progressiven Metamorphose eines anderen Theiles derselben verbunden, und beide Functionen greifen nach dem Gesetze der Wechselbeziehung der Entwickelung in einander. Es tritt also bereits bei den Plastiden der Fall ein, der sich bei den Form-Individuen aller Ordnungen wiederholt, dass die Degeneration eines Theiles nicht nothwendig die vollständige Rückbildung des Ganzen nach sich zieht, sondern vielmehr unter Umständen auch der progressiven Entwickelung eines anderen Theiles und dadurch dem Ganzen zu Gute kommen kann. Für viele Plastiden ist sogar der Degenerations-Process die nothwendige Bedingung für die vollständige Entfaltung ihrer specifischen Function, wie es z. B. bei den verholzten Pflanzenzellen und bei den lufthaltigen Spiralgefässen der Phanerogamen, bei den Drüsenzellen, Pigmentzellen und Knochenzellen der Thiere der Fall ist.

Die Mannichfaltigkeit der physiologischen und der entsprechenden morphologischen Processe, auf denen die verschiedenen Degenerations-Erscheinungen der Plastiden beruhen, ist zwar jedenfalls weit geringer, als diejenige der progressiven Differenzirungsvorgänge. Doch ist es sehr schwer, darüber schon gegenwärtig etwas Allgemeines auszusagen, da die ersteren noch viel weniger, als die letzteren, von einem allgemeinen und vergleichenden Gesichtspunkte aus untersucht worden sind. Am meisten hat man sich mit denselben in der pathologischen Physiologie der Wirbelthiere, und speciell in der Pathologie des Menschen beschäftigt, weil hier die physiologischen Degenerationsprocesse der Plastiden durch eine gefahrbringende, besorgnisserregende Steigerung ihrer Quantität und Intensität zu pathologischen Erscheinungen werden und als Ursachen der „Krankheiten“ eine höchst bedeutende praktische Wichtigkeit erlangen. Unter den hier herrschenden Degenerations-Phänomenen, welche vorzüglich durch Rudolf Virchow's bahnbrechende Untersuchungen richtiger und schärfer erkannt worden sind, scheint das wichtigste die fettige Entbildung zu sein (Verfettung, fet-

tige Entartung der Plastiden), demnächst die kalkige Entbildung (Verkalkung), die amyloide und colloide Degeneration, die verschiedenen Formen der Erweichungen (Malaciae, Emollities) und Verhärtungen (Indurationes, Scleroses), die Pigmentirung etc. Alle diese pathologischen Processe, auf welchen die Degeneration aller Form-Individuen höherer Ordnung beruht, haben ihre normalen Paradigmata in rein physiologischen Vorgängen. Bei den Pflanzen scheint der wichtigste Degenerationsprocess der Plastiden die Bildung der Verdickungsschichten der Cellulose-Kapsel zu sein, in welcher sich die meisten pflanzlichen Plastiden encystiren, der entsprechende Schwund des Protoplasma, und die partielle und endlich totale Ersetzung desselben durch andere Stoffe, z. B. in den Spiralgefässen durch Luft.

Alle Formveränderungen, welche wir bei der individuellen Entwickelung der Plastiden wahrnehmen, sowie alle Entwickelungsfunctionen, auf welchen dieselben beruhen, also alle Processe der Zeugung und des Wachsthums, der Differenzirung und der Degeneration von Plastiden, welche bei der Plastidogenesis zusammenwirken, sind lediglich entweder unmittelbar durch Anpassung an neue Existenzbedingungen erworbene Veränderungen, oder zusammengedrängte, schnelle, durch die Gesetze der Anpassung und Vererbung bedingte Wiederholungen der ursprünglichen paläontologischen Erscheinungen, welche in langen Zeiträumen durch viele Generationen hindurch langsam zur Entstehung der gegenwärtig existirenden specifischen Plastiden-Formen geführt haben. Alle Erscheinungen, welche die individuelle Entwickelung der Plastiden begleiten, erklären sich lediglich entweder aus der unmittelbaren Anpassung an die dabei wirksamen Existenzbedingungen oder aus der paläontologischen Entwickelung der Vorfahren der betreffenden Plastiden. Die gesammte Ontogenie der Plastiden, insofern sie nicht unmittelbar durch neue Anpassungsbedingungen modificirt wird, ist eine kurze Recapitulation ihrer Phylogenie.

II. Ontogenie der Organe.

Individuelle Entwickelungsgeschichte der Werkstücke.

Die Ontogenie der Organe oder Werkstücke, der morphologischen Individuen zweiter Ordnung, ist derjenige Theil der individuellen Entwickelungsgeschichte, welcher bisher bei weitem am meisten Berücksichtigung gefunden hat. Sowohl in der Zoologie als in der Botanik bestehen die meisten Fortschritte, welche die Ontogenie gemacht hat, in der Vermehrung unserer Kenntnisse von der Entwickelung der Organe. Erst neuerdings hat man begonnen, neben der Organogenese auch die Plastidogenese eingehender zu berücksichtigen. Dagegen ist die Ontogenese der Form-Individuen dritter bis sechster Ordnung bis-

her gewöhnlich sehr zu Gunsten jener beiden Kategorieen vernachlässigt worden. Dies hat seinen natürlichen Grund in der hervorragenden physiologischen Bedeutung der Organe und Plastiden. Dasselbe Uebergewicht, welches diese Form-Individuen erster und zweiter Ordnung bisher in der Anatomie und Physiologie besassen, übten sie nicht minder in der Morphogenie aus.

Bei der unendlichen Mannichfaltigkeit, welche die verschiedenen Organe bei den verschiedenen Organismen ebenso in ihrer Entwickelung, wie in ihren anatomischen Verhältnissen zeigen, ist es sehr schwierig, die allgemeinen Bildungsgesetze, welche die Genesis der Organe leiten, in kurzen Zügen zusammenzufassen. Es lässt sich hier kaum etwas Anderes aussagen, als dass die gesammte Organogenesis unmittelbar bedingt ist durch die Entwickelung der constituirenden Plastiden, und dass die ganze Mannichfaltigkeit, welche wir in den physiologischen Entwickelungsfunctionen der Zeugung und des Wachsthums, der Differenzirung und Degeneration bei den Plastiden wahrgenommen haben, unmittelbar auch bei der Entwickelung der Organe wirksam ist, welche in allen Fällen einen einheitlichen Complex von eng verbundenen Plastiden darstellen. Dies gilt auch von allen fünf Ordnungen von Organen, welche wir im neunten Capitel unterschieden haben (Bd. I, S. 291). Sämmtliche Organe erster bis fünfter Ordnung, die Zellfusionen oder „höheren Elementartheile" (S. 296), die Homoplasten oder einfachen Organe (S. 298), die Heteroplasten oder zusammengesetzten Organe (S. 299), die Organsysteme (S. 301) und endlich die Organapparate (S. 302) zeigen uns in ihrer gesammten Entwickelung lediglich das nothwendige Resultat der Entwickelungsfunctionen ihrer constituirenden Plastiden (Cytoden und Zellen), und zwar lediglich der vier Functionen der Zeugung, des Wachsthums, der Differenzirung und Degeneration.

Die Entstehung der Organe, mit welcher die Organogenesis beginnt, geht theils aus von vorhandenen Organen, theils von einzelnen Plastiden. Im letzteren Falle haben wir dieselbe auf einfache Zeugungsakte der Plastiden zurückzuführen. Die Cytoden oder Zellen, welche durch diese Generationsakte (Theilung, Knospung etc.) sich vermehren, bleiben zu einem Complex (Colonie, Synusie) vereinigt und bilden dadurch unmittelbar ein Organ. Im ersteren Falle, wenn die Zeugung der Organe von einem bereits vorhandenen Organe ausgeht, kommen ebenfalls die verschiedenen Formen der ungeschlechtlichen Zeugung in Betracht, welche wir oben unterschieden haben. Doch ist im Ganzen die Knospenbildung hier bei weitem häufiger und allgemeiner wirksam, als die Theilung.

Die Knospenbildung ist der allgemeinste Spaltungsmodus, durch welchen Organe aus bestehenden Organen hervorgehen, und zwar ist

dieselbe in der Mehrzahl der Fälle laterale, seltener terminale Gemmation. Durch laterale Knospenbildung entstehen z. B. die meisten Extremitäten (Beine, Arme, Tentakeln etc.) der Thiere, die meisten Blätter der Pflanzen. Durch terminale Knospung dagegen entstehen meistens die einzelnen Abschnitte (Epimeren) dieser Extremitäten, z. B. Oberschenkel, Unterschenkel und Fuss am Beine, die einzelnen Fiederpaare und die entsprechenden Blattstiel-Glieder an den gefiederten Blättern.

Die Theilung, und zwar bald die vollständige, bald die unvollständige Theilung ist im Ganzen bei der Organogenese seltener wirksam, als die Knospenbildung. Doch lassen sich als unvollständige Theilungsprocesse auch viele Zeugungsweisen von Organen auffassen, welche man gewöhnlich in der Entwickelungsgeschichte als Differenzirung der Organe zu betrachten pflegt. Die Theilung der Organe, durch welche neue Organe in Mehrzahl entstehen, ist entweder Zweitheilung oder Strahltheilung. Durch Zweitheilung oder Dimidiation eines Organs entstehen z. B. die meisten zweispaltigen oder zweitheiligen Extremitäten der Thiere und Blätter der Pflanzen. Ebenso entstehen durch Strahltheilung oder Diradiation die meisten dreispaltigen oder mehrspaltigen (handförmigen oder palmatifiden) Extremitäten der Thiere (z. B. die fünfzehigen Wirbelthierfüsse) und Blätter der Pflanzen (z. B. die dreizähligen Kleeblätter). Die Theilung ist im Ganzen der häufigere Entstehungsmodus bei denjenigen Organen, welche wir Parameren, die Knospenbildung dagegen bei denjenigen, welche wir Epimeren genannt haben (vergl. Bd. I, S. 311, 316).

Als einen besonderen, sehr eigenthümlichen und zunächst an die Copulation oder Conjugation der Plastiden sich anschliessenden, wenn auch nur entfernt analogen Process, welcher besonders bei der Entstehung von zusammengesetzten Organen und Organapparaten eine sehr bedeutende, bisher jedoch sehr wenig berücksichtigte Rolle spielt, haben wir endlich noch die Entstehung von Organen durch secundäre Vereinigung von primär getrennten Organen hervorzuheben. In der Ontogenie der Wirbelthiere ist dieser Process mehrfach und in sehr merkwürdiger Form wirksam, besonders bei mehreren sogenannten „Verwachsungen von Blättern".

Was die Entstehung der Organe verschiedener Ordnung betrifft, so gestalten sich auch bei diesen im Einzelnen die verschiedenen Zeugungsprocesse so äusserst mannichfaltig, dass sich kaum etwas weiteres Allgemeines darüber aussagen lässt. Die Zellfusionen (z. B. die quergestreiften Muskelfasern, die Nervenfasern der höheren Thiere, die Gefässe der höheren Pflanzen) entstehen theils durch einfache Spaltungsprocesse, theils durch einen der Copulation zuzurechnenden Verschmelzungsprocess von Plastiden. Unter den Spaltungsprocessen ist

hier im Ganzen die unvollständige Theilung häufiger als die Knospenbildung, und zwar ist unter den verschiedenen Theilungsformen die Dimidiation allgemeiner, als die Diradiation, unter den Knospungsformen die terminale häufiger als die laterale Knospenbildung. Die Homoplasten oder die einfachen Organe, also Organe zweiter Ordnung, welche aus einer einzigen Gewebsform (Plastiden-Art) zusammengesetzt sind, können auf den verschiedensten Wegen der Spaltung entweder aus einer einzelnen Plastide oder aus einem bereits existirenden Homoplasten hervorgehen. Welche Formen der Theilung und Knospenbildung hier im Ganzen die vorherrschenden sind, lässt sich bei der ausserordentlichen Verschiedenheit derselben in den einzelnen Organismen-Arten nicht sagen. Im Allgemeinen scheint die Knospung häufiger als die Theilung zu sein, obwohl beide sehr oft vereinigt zusammenwirken. Dasselbe gilt ebenso auch von den Heteroplasten oder den zusammengesetzten Organen, welche sich als Organe dritter Ordnung von der vorigen durch die Zusammensetzung aus zwei oder mehreren verschiedenen Gewebsformen (Plastiden-Species) unterscheiden. Doch dürfte bei diesen im Allgemeinen die Knospung und besonders die laterale Knospung der bei weitem häufigste Zeugungsmodus sein. Selten ist hier die terminale Gemmation und die Theilung, und unter der letzteren wieder die Zweitheilung seltener als die Strahltheilung. Die Organe vierter Ordnung, die Organ-Systeme, entstehen vorzüglich durch Differenzirungsprocesse, welche sich, wenigstens in sehr vielen Fällen, als unvollständige Theilung von Organen erster bis dritter Ordnung nachweisen lassen. Viel seltener als die Theilung ist die Knospenbildung bei der Entstehung von Organ-Systemen wirksam. In dieser Beziehung ihnen ähnlich verhalten sich auch im Ganzen die Organe fünfter Ordnung, die Organ-Apparate. Doch ist bei deren verwickelter Entstehung die Knospenbildung von bereits existirenden Organen oft nicht minder wesentlich, als ihre Theilung. Ferner sind die Organ-Apparate in ontogenetischer Beziehung dadurch ausgezeichnet, dass häufig zu ihrer Bildung mehrere primär getrennte Organe secundär in Verbindung treten, durch einen mehr oder minder innigen Verschmelzungsprocess, welcher den Vorgängen der Conjugation und Copulation im weiteren Sinne zugerechnet werden kann. So z. B. treten bei der Entwickelung des Gesichts-Apparates der Wirbelthiere eine Anzahl von ganz verschiedenen und vorher völlig getrennten Organen secundär zur Augenbildung zusammen. Der nervöse Theil des optischen Apparates wächst aus der Gehirnblase nach aussen hervor, während der lichtbrechende Theil umgekehrt von der äusseren Haut aus nach innen hineinwächst und den ersteren in sich hineinstülpt. Die Verbindung beider, einem Conjugationsprocesse analog, ist nachher so innig, als ob eine Differenzirung eines einzigen, ursprünglich einheitlichen

Organes stattgefunden hätte. Derartige Entstehung von complicirt gebauten Organen durch secundäre, innige Verbindung mehrerer primär getrennter Organe kommt übrigens nicht allein bei den Organ-Apparaten, sondern auch, wie oben erwähnt, bei anderen Organen verschiedener Ordnung (besonders Organ-Systemen und Heteroplasten) nicht selten vor.

Das Wachsthum der Organe, welches in der Organogenie nach der Zeugung derselben zunächst in Betracht kömmt, ist, wie schon oben bemerkt wurde, wesentlich von dem Wachsthum der Plastiden verschieden. Die letzteren allein, als die Form-Individuen erster Ordnung, besitzen ein einfaches oder primäres, unmittelbares Wachsthum, indem das Volum jeder wachsenden Plastide durch Attraction und Assimilation neuer, von aussen aufgenommener Massen-Moleküle vergrössert wird. Bei den Organen dagegen, sowie bei allen anderen Form-Individuen höherer (dritter bis sechster) Ordnung ist das Wachsthum nur ein mittelbares oder secundäres, indem es lediglich das Resultat der Vermehrung und des Wachsthums der constituirenden Plastiden ist. Wir haben diesen mittelbaren Wachsthumsmodus ein für allemal als zusammengesetztes Wachsthum (Crescentia composita, secundaria) bezeichnet, weil sich derselbe aus zwei verschiedenen Processen zusammensetzt, nämlich aus dem einfachen Wachsthum der constituirenden Plastiden und aus der Vermehrung derselben durch fortgesetzte Zeugung. Das Wachsthum sämmtlicher Organe, und ebenso das Wachsthum sämmtlicher morphologischen Individuen höherer (dritter bis sechster) Ordnung ist also in der That weiter nichts, als die unmittelbare und nothwendige Folge der Vermehrung der constituirenden Plastiden am Volum (durch einfaches Wachsthum) und an Zahl (durch Zeugung).

Die Differenzirungs-Processe der Organe bilden das Object des bei weitem grössten Theiles der gegenwärtig existirenden Ontogenie. Sowohl in der Zoologie als in der Botanik mussten diese Entwickelungsvorgänge vor allen anderen die Aufmerksamkeit und das Interesse der Beobachter erregen, und daher kommt es, dass dieser kleine Zweig der Ontogenie vor allen anderen cultivirt und sogar häufig als Entwickelungsgeschichte κατ᾽ ἐξοχήν bezeichnet wurde. So ist z. B. die sogenannte „Metamorphose der Pflanze", welche den grössten Theil der Ontogenese bei den Phanerogamen bildet, nichts weiter, als die Differenzirung der Blatt-Organe. So ist der grösste Theil der menschlichen Embryologie im Wesentlichen die Lehre von den Differenzirungs-Processen der Organe, welche den Körper des menschlichen Embryo zusammensetzen. Ebenso war bei den meisten anderen individuellen Entwickelungsgeschichten von Thieren und Pflanzen das Augenmerk der Beobachter bisher ganz vorwiegend, und oft ausschliesslich, auf die „Entwickelung der ungleichartigen Körpertheile aus gleichartiger Grund-

lage" gerichtet, d. h. mit anderen Worten, auf die Differenzirung oder Divergenz der Organe. Da fast jede individuelle Entwickelungsgeschichte die Richtigkeit dieser Behauptung bestätigt, so haben wir nicht nöthig, dieselbe hier durch Beispiele zu belegen. Ein näheres Eingehen auf die unendlich mannichfaltigen Differenzirungs-Processe der Organe im Einzelnen ist hier nicht am Orte. Eine umfassende und allgemeine Erörterung derselben, eine kurze Uebersicht ihrer wichtigsten Modificationen ist aber zur Zeit noch ganz unmöglich, da man bisher noch nicht versucht hat, die embryonalen Differenzirungs-Processe der Organe bei den verschiedenen Organismen-Gruppen vergleichend zusammenzustellen und nach allgemeinen Gesichtspunkten zu ordnen. Das Einzige, was wir demnach hier darüber zu bemerken haben, worauf wir aber besonders aufmerksam machen wollen, ist der allgemeine Causalnexus, welcher überall zwischen der ontogenetischen und der phylogenetischen Differenzirung der Organe besteht. Alle Differenzirungs-Vorgänge der Organe, welche während des raschen Laufes der individuellen Entwickelung auftreten, können nur dann richtig verstanden werden, wenn man sie als die kurzen Recapitulationen der Arbeitstheilungen betrachtet, welche langsam, im Verlauf langer Zeiträume, unter dem beständigen Einfluss der natürlichen Züchtung im Kampfe um das Dasein, sich bei den Vorfahren oder parentalen Generationen der gegenwärtig existirenden Organe allmählich herangebildet haben. Es gilt also von der Differenzirung oder dem Polymorphismus der Organe ganz dasselbe, wie von der Arbeitstheilung oder der Divergenz der Plastiden, auf welche letztere ohnehin die erstere immer unmittelbar zurückzuführen ist. Denn thatsächlich ist die Differenzirung der Organe lediglich das unmittelbare und nothwendige Resultat von der Differenzirung der constituirenden Plastiden, wie dieselbe andererseits auch allen Differenzirungs-Processen der Form-Individuen höherer Ordnung mittelbar zu Grunde liegt.

Die Degeneration der Organe hängt, wie diejenige der Plastiden, unmittelbar mit ihrer Differenzirung zusammen und ist oft gar nicht von letzterer zu trennen. Vielmehr greifen der regressive Entwickelungsprocess der ersteren und der progressive der letzteren oft so vielfältig in einander, dass sie gemeinsam die wichtigsten Veränderungen herbeiführen. Auch ist die Degeneration eines bestimmten Theiles eines Organes oft von entschiedenem und überwiegendem Vortheil für die progressive Entwickelung der übrigen Theile und dadurch des Ganzen, so dass durchaus nicht jede partielle Degeneration eines Organes zu einer Cataplase des Ganzen führt. Ebenso wie bei den Form-Individuen höherer Ordnung oft die Rückbildung einzelner Organe oder anderer subordinirter Form-Individuen einen Fortschritt in der Ausbildung des Ganzen bezeichnet, so sehen wir oft die Vervollkommnung

eines zusammengesetzten Organes wesentlich an die Degeneration einzelner einfacher Organe und Plastiden, welche dasselbe constituiren, gebunden. Die natürliche Züchtung im Kampfe um das Dasein bewirkt nicht allein progressive, sondern auch regressive Veränderungen, wenn die letzteren dem ganzen Organismus nützlicher sind, als die ersteren, so namentlich bei der Anpassung an einfachere Existenzbedingungen, z. B. Parasitismus. So sind auch im Laufe der paläontologischen Organogenese die sogenannten „rudimentären Organe" entstanden, welche als die Fundamente der Dysteleologie von so hervorragender Bedeutung sind.

Alle Formveränderungen, welche wir bei der individuellen Entwickelung der Organe wahrnehmen, sowie alle Entwickelungsfunctionen, auf welchen dieselben beruhen, also alle Processe der Zeugung und des Wachsthums, der Differenzirung und Degeneration von den constituirenden Plastiden (und bei den zusammengesetzten Organen auch von den subordinirten Organen), welche bei der Organogenesis zusammenwirken, sind lediglich zusammengedrängte, schnelle, durch die Gesetze der Anpassung und Vererbung bedingte Wiederholungen der ursprünglichen paläontologischen Erscheinungen, welche in langen Zeiträumen durch viele Generationen hindurch langsam zur Entstehung der gegenwärtig existirenden specifischen Organ-Formen geführt haben. Alle Erscheinungen, welche die individuelle Entwickelung der Organe begleiten, erklären sich lediglich aus der paläontologischen Entwickelung ihrer Vorfahren. Die gesammte Ontogenie der Organe ist eine kurze Recapitulation ihrer Phylogenie.

III. Ontogenie der Antimeren.

Individuelle Entwickelungsgeschichte der Gegenstücke.

Die Ontogenie der Antimeren oder Gegenstücke (homotypen Theile), der morphologischen Individuen dritter Ordnung, ist bisher noch äusserst wenig berücksichtigt worden; ja man hat selbst bei vielen Organismen, besonders Thieren, deren Organogenese und Histogenese sehr genau untersucht worden ist, auf die Antimerogenese gar keine Rücksicht genommen. Diese einseitige Vernachlässigung der morphologisch so wichtigen Antimeren erscheint nicht mehr auffallend, sobald man bedenkt, wie die gesammte Morphologie der Antimeren in Folge ihrer geringen oder uns doch unbekannten physiologischen Bedeutung bisher entweder gar keine oder nur beiläufige und oberflächliche Berücksichtigung gefunden hat. Da nicht einmal die vollendete Form der Antimeren, welche für die typische Gesammtform der Metameren und Personen so grosse Bedeutung besitzt, von der Anatomie untersucht worden ist, so dürfen wir noch weniger erwarten, dass die werdende Form

der Antimeren in der Morphogenie Berücksichtigung gefunden hat. Sowohl letztere als erstere erwarten ihre volle und gerechte Würdigung erst von der Morphologie der Zukunft.

Soweit wir aus unseren eigenen Untersuchungen über die homotypischen Theile und aus dem Wenigen, was die embryologische Literatur beiläufig darüber liefert, die Ontogenie der Antimeren beurtheilen können, so scheint dieselbe im Ganzen nach sehr einfachen und bei den verschiedenen Organismen sehr gleichförmigen Gesetzen zu verlaufen. Die Entstehung der Antimeren beruht fast immer auf einfachen Spaltungsprocessen von Organen, und zwar besonders auf unvollständiger Längstheilung und Strahltheilung; vielfach kann aber auch die Entstehung der Antimeren als einfache Differenzirung eines Organes aufgefasst werden.

Bei den zahlreichen Organismen, deren Grundform die reguläre oder die amphithecte Pyramide, oder überhaupt eine Strahlform ist, und bei denen die Antimerenzahl drei oder mehr ist, entwickeln sich die Antimeren durch den Spaltungsprocess, den wir oben allgemein als Diradiation bezeichnet haben und welcher für die ursprüngliche Entstehung der sogenannten strahligen oder regulären Formen (mit mehr als zwei Antimeren) von der grössten Bedeutung ist (S. 42). Die Diradiation oder Strahltheilung besteht, wie wir sahen, allgemein darin, dass drei oder mehr gleichartige Theile oder Organe aus einer gemeinsamen einfachen Grundlage heraus in der Weise hervorwachsen, dass sie von einander und von einer gemeinsamen Axe oder einem gemeinsamen Mittelpunkte gleichen Abstand haben, wenn auch bei weiterer Entwickelung dieser Abstand und die ursprünglich gleiche Beschaffenheit der Theile oder Organe selbst ungleich wird. Solche nach verschiedenen Richtungen von einem gemeinsamen Centrum aus divergirende gleichartige Theile sind unsere Gegenstücke oder Antimeren. (In gleicher Weise entwickeln sich auch meistens diejenigen untergeordneten Theile von Plastiden und Organen, welche wir wegen ihrer (den Antimeren ähnlichen) Strahlform Parameren genannt haben.)

Die Entwickelung der Antimeren durch Diradiation ist an vielen Geschlechtspersonen der Phanerogamen (Blüthensprossen) und an einzelnen Metameren und Personen der Hydromedusen, und der Coelenteraten überhaupt, leicht wahrzunehmen. Aus der einfachen kegelförmigen oder cylindrischen Monaxon-Form des unentwickelten Bion, welches noch den Formwerth eines Organs besitzt, wachsen rings um den Oralpol der Hauptaxe, in gleichem Abstand von demselben, und in gleichem Abstand von einander, die peripherischen Organe hervor (Blüthenblätter der Phanerogamen, Tentakeln der Coelenteraten), welche durch ihre Zahl und Stellung die homotypische Grundzahl und die stereometrische Grundform der Person bestimmen. Es lässt sich dieses

Hervorwachsen der peripherischen Theile der radialen Antimeren aus der Peripherie einer monaxonen Form weder als einfache Differenzirung ihrer Peripherie, noch als einfaches Hervorknospen der Organe auffassen, sondern als eine Verbindung beider Processe, welche eine unvollständige radiale Theilung des ganzen Körpers bewirkt, und welche wir passend mit dem Ausdrucke der Diradiation oder Strahltheilung zu bezeichnen glauben. Die näheren Verhältnisse dieses wichtigen Vorganges sind für die Entwickelung der Gesammtform sowohl bei den Metameren, als bei den Personen äusserst wichtig, aber bisher noch sehr wenig untersucht. Eines der wichtigsten hierauf bezüglichen Gesetze ist, dass alle Antimeren eines Kreises ursprünglich gleich sind, in gleicher Beschaffenheit aus der Peripherie der Person hervorsprossen. Die Verschiedenheiten, welche sich bei den Antimeren eines und desselben Kreises später finden, und bei den Amphipleuren-Formen später so auffallend hervortreten (z. B. in den Pentamphipleuren-Formen der „bilateralen" Spatangiden und Clypeastriden, der Leguminosen und Violaceen etc., in den Triamphipleuren-Formen der Orchideenblüthen, vieler Radiolarien etc.), entstehen erst nachträglich durch Differenzirung der ursprünglich gleichartigen Antimeren.

Der Gruppe der „strahligen" Organismen, mit drei oder mehreren Antimeren, steht gegenüber als eine andere Hauptgruppe diejenige der zweiseitigen oder dipleuren Organismen, deren Körper nur aus zwei symmetrisch gleichen Antimeren zusammengesetzt ist. Wie bei jenen ersteren die Antimeren durch unvollständige Strahltheilung, so entstehen dieselben bei diesen letzteren durch unvollständige Längstheilung. Wir haben diesen Spaltungsprocess oben gewissermaassen als den einfachsten Fall der Strahltheilung hingestellt (S. 42); beide Spaltungsformen haben das mit einander gemein, dass die Theilungsebenen mit der Längsaxe oder Hauptaxe des Körpers zusammenfallen. Diese Auffassung wird durch die Entwickelungsgeschichte gerechtfertigt, da in der That die Entstehung der beiden Antimeren bei den dipleuren Formen, welche durch Längstheilung erfolgt, sich unmittelbar an die Entstehung der drei oder mehr Antimeren bei den strahligen Formen anschliesst, welche durch Diradiation erfolgt. Der einzige Unterschied ist, dass im ersteren Falle eine einzige, im letzteren zwei oder mehrere Theilungsebenen entstehen, welche mit der Hauptaxe des Körpers zusammenfallen. Man könnte vielleicht zunächst mehr geneigt sein, die Entstehung der zwei symmetrisch-gleichen Antimeren bei den dipleuren Formen allgemein als einen zweiseitigen Differenzirungsprocess aufzufassen, gleichwie die Entstehung der drei oder mehr Antimeren bei den strahligen Formen zunächst oft mehr ein Knospungsprocess zu sein scheint. Indessen glauben wir, dass diese Betrachtungsweise mehr der äusserlichen Erscheinungsweise als dem inneren Wesen der Anti-

merogenese entspricht, da doch in der That durch dieselbe das vorher einfache Form-Individuum zweiter Ordnung vollständig in zwei oder mehrere Form-Individuen dritter Ordnung zerfällt. Mögen diese Spaltungsproducte auch noch so innig vereinigt bleiben, so sind doch stets die Grenzebenen, welche dieselben trennen, und welche sich als interradiale Kreuzebenen in der Längsaxe schneiden, so haarscharf ausgesprochen, dass über die Zugehörigkeit sämmtlicher Körpertheile zu den einzelnen Antimeren gar kein Zweifel stattfinden kann. Allerdings wird bei den höheren Thieren, deren Grundform die dipleure ist, die Entstehung der beiden Antimeren in der Regel als eine bilaterale oder zweiseitige Differenzirung der einfachen Körperanlage aufgefasst. Gewöhnlich tritt dieselbe schon in sehr früher Zeit des embryonalen Lebens als Gegensatz von rechter und linker Körperhälfte hervor. Bei den Wirbelthieren z. B. wird sie schon durch das erste Auftreten des Primitivstreifes (Bär) oder der Axenplatte (Remak) gegeben, welche die kreisförmige und bereits in drei Blätter gesonderte Embryonalanlage in die beiden correspondirenden Hälften oder Antimeren (rechte und linke Körperhälfte) spaltet. Sobald hier durch das erste Erscheinen des Primitivstreifes in der Medianlinie der Embryonalanlage die Längsaxe oder Hauptaxe derselben ausgesprochen ist, so entwickeln sich fortan die beiden dadurch geschiedenen Körperhälften, rechte und linke, in entgegengesetzter Richtung. Gewiss lässt sich diese absolut entgegengesetzte, aber relativ gleiche Entwickelung der beiden symmetrisch-gleichen Körperhälften von einem gewissen Gesichtspunkte aus als eine „bilaterale" oder richtiger dipleure Differenzirung auffassen, insofern bereits vorhandene und gleichartig angelegte Theile eine verschiedene, und zwar eine diametral entgegengesetzte Richtung der Entwickelungs-Bewegung einschlagen. Andererseits aber glauben wir dieselbe doch mit noch grösserem Rechte, und mit mehr Vortheil für das tectologische und promorphologische Verständniss, als unvollständige Längstheilung auffassen zu können, weil in der That das vorher einfache Individuum zweiter Ordnung oder das „Organ" dadurch in zwei Individuen dritter Ordnung oder Antimeren zerfällt. Allerdings ist die dichotome Spaltung meistens nicht äusserlich durch eine mehr oder minder tiefgehende Furche ausgesprochen. Allein die longitudinale Halbirungsebene geht als eine ideale, interradiale Grenzebene der beiden entgegengesetzten Körperhälften so vollständig durch den ganzen Körper hindurch, wie es nur bei der realen Scheidewand zwischen zwei durch Längstheilung entstehenden Zellhälften der Fall sein kann. Wir glauben daher, dass sich in den allermeisten Fällen die Entstehung der Antimeren als unvollständige Theilung auffassen lässt, entweder als Längstheilung (bei Organismen mit zwei Antimeren) oder als Strahltheilung (bei Organismen mit drei und mehr Antimeren).

Während in allen diesen Fällen die Antimeren durch innere Trennung von zwei oder mehreren vorher vereinigten Theilen entstehen, so giebt es nun auch andererseits einige merkwürdige Fälle, in denen umgekehrt die Antimeren durch äussere Vereinigung von zwei oder mehreren vorher getrennten Theilen entstehen. Wir meinen die Formen, welche durch den eigenthümlichen Verwachsungsprocess der Conjugation entstehen, z. B. bei der Algengruppe der Conjugaten (Desmidiaceen und Zygnemaceen). Indem hier zwei gleiche Individuen, welche den Formwerth eines Organes hatten, mit einer entsprechenden Körperstelle verwachsen, erhalten dieselben offenbar an dem so entstehenden Doppelkörper durch ihre Verbindung den Formwerth von zwei Antimeren und der Doppelkörper selbst erscheint nunmehr als ein Form-Individuum vierter Ordnung, als ein Metamer.

Durch einen Vorgang, welcher dieser Conjugation sehr nahe steht, wenn er nicht ursprünglich damit identisch ist, entstehen die Antimeren auch bei einigen Echinodermen. Wir meinen nämlich jene Fälle von Asteriden-Entwickelung, bei denen die fünf Antimeren des Seestern-Körpers als fünf getrennte Anlagen um den Darmcanal der Amme herum isolirt durch innere Keimbildung entstehen und erst nachträglich mit ihren centralen Enden in Verbindung treten, um die Mittelscheibe des Seestern-Körpers herzustellen. Wir erblicken in diesem Umstande ein sehr wichtiges Argument für unsere, im sechsten Buche näher begründete Vermuthung, dass der pentactinote Echinodermen-Körper ursprünglich durch secundäre Verbindung oder Conjugation von fünf einzelnen zygopleuren Wurmkörpern entstanden ist, welche im Inneren des elterlichen Wurms (dessen Reste noch in der Amme persistiren) getrennt von einander hervorkeimten und erst nachträglich mit ihrem einen Ende sich verbanden. Dann wären die fünf Strahlstücke, welche wir gegenwärtig als Antimeren betrachten, ursprünglich Personen und das ganze Echinoderm eigentlich ein Stock gewesen.

Das Wachsthum der Antimeren, welches ihre gesammte weitere Entwickelung bedingt, beruht wesentlich auf der Entwickelung der nächst untergeordneten Individualitäten, der Organe und der diese constituirenden Plastiden. In letzter Linie sind es fortgesetzte Zeugungsakte von Plastiden, verbunden mit Volumvermehrung derselben, welche das Wachsthum der Organe und dadurch dasjenige der Antimeren bedingen.

Die Differenzirungs-Processe, welche während der weiteren Ontogenie der Antimeren eintreten, sind ausserordentlich mannichfaltige und von der hervorragendsten Bedeutung für die Entwickelung der Grundform. Wie wir im vierten Buche gezeigt haben, ist es in den meisten Fällen lediglich die Differenzirung der Antimeren, welche die niedere Grundform des jüngeren Organismus in die höhere Pro-

morphe des ausgebildeten hinüberführt. So entsteht namentlich durch Differenzirung der einfacheren Homostauren-Form die vollkommnere Grundform der Heterostauren. Die Autopolen-Form entwickelt sich durch Differenzirung der Antimeren aus der Isopolen-Form, z. B. die Octophragmen-Form der Ctenophoren aus der octactinoten Grundlage, die Hexaphragmen-Form der Madreporen aus der hexactinoten Grundlage. In gleicher Weise geht aus der triactinoten Anlage der Gramineen-Blüthe die triamphipleure Form der ausgebildeten Blüthe hervor, aus der pentactinoten Anlage des jugendlichen Spatangus, der Compositen- und Leguminosen-Blüthe die pentamphipleure Form der Erwachsenen. Ebenso entwickelt sich unter den Zygopleuren durch Differenzirung der Antimeren die dystetrapleure Schwimmglocken-Form der Abyla aus ihrer eutetrapleuren und zuerst sogar tetractinoten Grundlage, und ebenso die dysdipleure Form der Pleuronectiden aus der eudipleuren allgemeinen Wirbelthier-Form. Diese wenigen Beispiele mögen genügen, um zu zeigen, welche ausserordentlich hohe Bedeutung die Differenzirung der Antimeren für die Promorphologie besitzt, und wie dieser bisher gänzlich vernachlässigte Theil der Entwickelungsgeschichte lediglich schon wegen seiner promorphologischen Bedeutung einer der interessantesten werden wird.

Die Degeneration der Antimeren, bisher ebenfalls gänzlich ausser Acht gelassen, ist oft von nicht geringerem promorphologischen Interesse als ihre Differenzirung, und wirkt oft, mit letzterer unmittelbar verbunden, mächtig bestimmend auf die Grundform ein. Am klarsten und leichtesten nachzuweisen ist dies bei der Phanerogamen-Blüthe, wo sehr allgemein in einzelnen Metameren (Blattkreisen) der Blüthe das eine oder andere Antimer durch Degenerations-Processe rückgebildet wird, und dann, obwohl ursprünglich angelegt, dennoch späterhin völlig verschwindet. Die Botaniker pflegen diese Entbildung der Antimeren, welche wesentlich modificirend auf die Grundform der Blüthe, und insbesondere auf die homotypische Grundzahl des betreffenden Metameres einwirkt, als Abortus oder Fehlschlagen zu bezeichnen. So schlägt z. B. in dem männlichen Metamere (Staubfadenkreise) der Labiaten-Blüthe, welches pentactinot angelegt und eutetrapleurisch ausgeführt ist, fast immer ein Antimer fehl, bisweilen aber (*Salvia, Lycopus*) sogar drei. So schlagen auch bei den pentactinot angelegten, später aber pentamphipleurisch ausgeführten Holothurien nicht selten zwei Antimeren fehl und bloss drei werden ausgebildet.

Alle Formveränderungen, welche wir bei der individuellen Entwickelung der Antimeren wahrnehmen, sowie alle Entwickelungsfunctionen, auf welchen dieselben beruhen, also alle Processe der Zeugung und des Wachsthums, der Differenzirung und Degeneration von Plastiden und Organen, welche bei der Antimerogenesis zusammenwirken,

sind lediglich zusammengedrängte, schnelle, durch die Gesetze der Anpassung und Vererbung bedingte Wiederholungen der ursprünglichen paläontologischen Erscheinungen, welche in langen Zeiträumen durch viele Generationen hindurch langsam zur Entstehung der gegenwärtig existirenden, specifischen Antimeren-Formen geführt haben. Alle Erscheinungen, welche die individuelle Entwickelung der Antimeren begleiten, erklären sich lediglich aus der paläontologischen Entwickelung ihrer Vorfahren. Die gesammte Ontogenie der Antimeren ist eine kurze Recapitulation ihrer Phylogenie.

IV. Ontogenie der Metameren.

Individuelle Entwickelungsgeschichte der Folgestücke.

Die Ontogenie der Metameren oder Folgestücke, der morphologischen Individuen vierter Ordnung, hat sowohl die Entwickelung der Gesammtform bei denjenigen Organismen zu untersuchen, welche als actuelle Bionten durch ein einzelnes Metamer repräsentirt werden (z. B. die meisten Mollusken), als auch die Entwickelung derjenigen homodynamen Körperabschnitte, welche als subordinirte Metameren, zu einer Colonie verbunden, die Individuen fünfter Ordnung, die Personen oder Sprosse zusammensetzen. Diese Fälle sind bisher nicht gleichmässig in der Entwickelungsgeschichte berücksichtigt worden. Der erstere hat eine sehr eingehende, der letztere dagegen nur eine sehr oberflächliche Berücksichtigung gefunden; und doch ist dieser von keiner geringeren Bedeutung als jener. Da, wo die Metameren als actuelle Bionten, als die concreten Repräsentanten der Species auftreten, ist die Ontogenie der Metameren zugleich im weiteren Sinne die Entwickelungsgeschichte der gesammten Körperform der reifen Species-Repräsentanten; dies ist der Fall bei den meisten Mollusken, vielen niederen Würmern (Trematoden etc.) und Coelenteraten. Hier ist daher die Metamerogenie zugleich derjenige Theil der individuellen Entwickelungsgeschichte, welchen man als „die Lehre von der Entwickelung der äusseren Körperform oder der Gesammtform" zu bezeichnen pflegt. Wo dagegen die Metameren nur als subordinirte „Glieder" eines Form-Individuums fünfter Ordnung, einer Person auftreten, und wo man sie deshalb gewöhnlich nicht in ihrem individuellen Formwerthe anerkannt hat, da hat auch gewöhnlich ihre Entwickelung nur sehr wenig selbstständige Berücksichtigung gefunden. Dies gilt insbesondere von denjenigen Personen, bei denen die homodyname Zusammensetzung aus einer Metamerenkette nur innerlich deutlich ausgesprochen ist, wie bei den Vertebraten und meisten Echinodermen, weniger von denjenigen, bei welchen dieselbe äusserlich scharf hervortritt, wie bei den Gliederfüssern, Gliederwürmern, Phanerogamen und den Cryptogamen mit gegliedertem

Stengel. Gewöhnlich ist die Metamerogenese hier einestheils mit der Organogenese, anderntheils mit der Prosopogenese vereinigt abgehandelt worden. Ihre besondere selbstständige Behandlung erscheint uns aber auch hier von grosser Wichtigkeit, namentlich für das Verständniss der paläontologischen Prosopogenese.

Die Entstehung der Metameren beruht zunächst und unmittelbar immer auf Spaltungs-Processen, und zwar entweder von schon bestehenden Metameren, oder von untergeordneten Individualitäten erster bis dritter Ordnung. Wenn die Zeugung des entstehenden Metameres von einem schon existirenden, elterlichen Metamer ausgeht, so ist der gewöhnliche Spaltungsmodus derjenige der Knospenbildung, seltener der Theilung. Der bei weitem häufigste Zeugungsmodus, durch welchen Metameren aus bestehenden Metameren entstehen, ist die terminale Knospung. Auf diese Weise bilden sich in den allermeisten Fällen die Metameren, welche den Rumpf der Wirbelthiere, Gliederthiere und Echinodermen, sowie den gegliederten Stengel der Phanerogamen und höheren Cryptogamen zusammensetzen. Die Endknospenbildung ist hier meistens omniparental, seltener uniparental. Bei der gewöhnlichen, omniparentalen Knospung entsteht jedes neue Metamer aus dem nächstvorhergehenden. Bei der selteneren uniparentalen Knospung dagegen entstehen alle Metameren aus einem einzigen (so z. B. bei der Strobila der Acraspeden und Cestoden). Im letzteren Falle ist das letzte Glied der Kette das zweitälteste, im ersteren dagegen das jüngste. Viel seltener entstehen bei den Thieren Metameren durch laterale Knospung, so z. B. bei den Tunicaten und Bryozoen, und bei vielen Coelenteraten; sehr häufig dagegen bei den Pflanzen.

Die Entstehung der Metameren durch Theilung ist im Ganzen viel seltener als diejenige durch Knospung, vorzüglich bei den subordinirten Metameren, welche Ketten-Personen bilden. Am häufigsten ist sie noch bei denjenigen Metameren, welche selbstständig als actuelle Bionten auftreten, wie z. B. bei den Infusorien, einigen Coelenteraten und Cryptogamen. Gewöhnlich ist die Theilung hier Längstheilung oder Quertheilung. Die letztere schliesst sich unmittelbar an die Endknospenbildung an, und in manchen Fällen ist es schwer zu entscheiden, ob die Gliederung oder Articulation, durch welche neue Metameren entstehen, Quertheilung (Articulatio divisiva) oder Endknospenbildung (Articulatio gemmascens) ist.

Wenn die Entstehung der Metameren nicht unmittelbar von bestehenden Metameren ausgeht, sondern von subordinirten Individuen nächst niederer Form-Ordnungen, so ist dieser Akt gewöhnlich als Differenzirung oder als unvollständige Theilung eines Organs aufzufassen, und fällt dann zusammen mit demjenigen Processe, den wir im vorhergehenden Abschnitte als den gewöhnlichen Entste-

hungsmodus der Antimeren hingestellt haben. Wie wir dort sahen, können wir ganz wohl den radialen oder bilateralen Differenzirungs-Process, durch welchen ein Form-Individuum zweiter Ordnung, ein Organ, in zwei oder mehrere Antimeren zerfällt, als unvollständige Theilung des Organs auffassen, und zwar als Längstheilung, wenn dadurch bloss zwei, als Strahltheilung, wenn dadurch drei oder mehrere Metameren entstehen. Dieser wichtige, aber bisher wenig beachtete Process ist nun stets zugleich mit der Entstehung eines Metameres verbunden. Denn indem das Form-Individuum zweiter Ordnung (Organ) in zwei oder mehrere, vereinigt bleibende Form-Individuen dritter Ordnung (Antimeren) zerfällt, wird aus dem ersteren eo ipso zugleich ein Form-Individuum vierter Ordnung oder ein Metamer. So wird also z. B. die Embryonal-Anlage des Wirbelthieres, welche den Form-Werth eines Organs besitzt, durch das Auftreten des Primitivstreifes nicht bloss in zwei Antimeren getheilt, sondern zugleich selbst in ein Metamer verwandelt.

Das Wachsthum der Metameren, welches ihre gesammte weitere Entwickelung bis zur erreichten vollen Grösse bedingt, beruht wesentlich auf der Entwickelung der nächst untergeordneten Individualitäten, der Antimeren. In letzterer Linie sind es fortgesetzte Zeugungsakte der Plastiden, verbunden mit Volumvermehrung derselben, welche das Wachsthum der Organe und Antimeren und dadurch zugleich dasjenige der Metameren bedingen.

Die Differenzirungs-Processe der Metameren, welche ihr Wachsthum und ihre weitere Entwickelung begleiten, sind ausserordentlich mannichfaltige. Bei denjenigen Organismen, welche als actuelle Bionten durch Metameren repräsentirt werden, wie z. B. bei den Infusorien, Trematoden, allen höheren und den meisten niederen Mollusken, entstehen dadurch die verschiedenen „Species"-Formen. Bei denjenigen Organismen, bei welchen die Metameren als subordinirte Glieder zur höheren Einheit der Person verbunden sind, wird ebenfalls die Formen-Mannichfaltigkeit der Species durch die Vielseitigkeit in der Differenzirung der Metameren, ausserdem aber auch der Vollkommenheitsgrad der Personen durch den Differenzirungsgrad der constituirenden Metameren bedingt. Hierauf beruht also z. B. wesentlich die höhere Vollkommenheitsstufe, welche die „heteronom gegliederten" Arthropoden gegenüber den „homonom gegliederten" Anneliden, und ebenso die heteronom gegliederten „Blüthensprosse" der Phanerogamen gegenüber den homonom gegliederten „Blattsprossen" einnehmen. Weiterhin ist es dann vorzugsweise die polymorphe Differenzirung der Metameren, welche überhaupt eine höhere organische Vervollkommnung des Organismus ermöglicht. Dies zeigen sehr deutlich die „gegliederten" Wirbelthiere, Gliederthiere und Echinodermen gegenüber den „un-

gegliederten" Mollusken etc. Aber auch innerhalb jeder kleineren Abtheilung ist der Vollkommenheitsgrad der Personen wesentlich durch den Differenzirungsgrad der Metameren bedingt, wie es insbesondere bei den verschiedenen Wirbelthier-Abtheilungen durch die maassgebende Differenzirung der Wirbelabschnitte, bei den verschiedenen Dicotyledonen-Gruppen (Monochlamydeen, Dichlamydeen) durch den bestimmenden Differenzirungsgrad der Blattkreise der Blüthe sehr deutlich dargethan wird.

Die Degeneration der Metameren, gleich derjenigen der Antimeren bisher meist gar nicht berücksichtigt, ist ebenfalls von sehr bedeutendem morphologischen Interesse. Wir erinnern bloss daran, dass dieser Process allein schon in vielen Fällen höchst eigenthümliche Bildungen hervorzubringen vermag, und zwar sowohl regressive als progressive Formen. Lediglich cataplastisch wirkt natürlich die Degeneration immer auf die einzelnen Metameren, welche dadurch auf eine niedere Bildungsstufe zurücksinken. So ist es namentlich sehr deutlich bei parasitischen Species, welche als actuelle Bionten durch einzelne Metameren repräsentirt werden, z. B. bei der in *Synapta* schmarotzenden *Entoconcha mirabilis*, bei vielen parasitischen ungegliederten Würmern etc. In solchen Organismen dagegen, bei denen die Metameren bloss als subordinirte Glieder einer Person erscheinen, kann die Degeneration einzelner Metameren nicht bloss cataplastisch wirken (wie z. B. bei den parasitischen Crustaceen), sondern auch umgekehrt anaplastisch. Ja es kann sogar der höhere Vollkommenheitsgrad einer Form gegenüber niederen verwandten Formen wesentlich durch die Entbildung eines oder mehrerer Metameren bedingt sein. Es scheint dies damit zusammenzuhängen, dass die regressive Entwickelung, die Cataplase einzelner Metameren in einer langen Metamerenkette, unmittelbar (durch Wechselbeziehung der Entwickelung) die progressive Entwickelung, die Anaplase anderer Metameren in derselben Kette begünstigt. Dies sehen wir z. B. sehr ausgezeichnet bei vielen geschwänzten Thieren. Die Reduction des Schwanzes gilt in vielen Fällen (aus verschiedenen Gründen) für eine Vervollkommnung; daher werden allgemein die brachyuren Deacopoden als vollkommener angesehen gegenüber den unvollkommneren Macruren, ebenso der Mensch und die anderen ungeschwänzten Affen gegenüber den geschwänzten Affen. Die Rückbildung des Schwanzes, welche hier offenbar wesentlich zur Vervollkommnung führte, ist nichts Anderes, als die Degeneration einer Anzahl von Metameren.

Alle Formveränderungen, welche wir bei der individuellen Entwickelung der Metameren wahrnehmen, sowie alle Entwickelungs-Functionen, auf welchen dieselben beruhen, also alle Processe der Zeugung und des Wachsthums, der Differenzirung und der Degeneration von

Plastiden, Organen und Antimeren, welche bei der Metamerogenesis zusammenwirken, sind lediglich zusammengedrängte, schnelle, durch die Gesetze der Anpassung und Vererbung bedingte Wiederholungen der ursprünglichen paläontologischen Erscheinungen, welche in langen Zeiträumen durch viele Generationen hindurch langsam zur Entstehung der gegenwärtig existirenden specifischen Metameren-Formen geführt haben. Alle Erscheinungen, welche die individuelle Entwickelung der Metameren begleiten, erklären sich lediglich aus der paläontologischen Entwickelung ihrer Vorfahren. Die gesammte Ontogenie der Metameren ist eine kurze Recapitulation ihrer Phylogenie.

V. Ontogenie der Personen.

Individuelle Entwickelungsgeschichte der Prosopen.

Die Ontogenie der Personen oder Prosopen, der morphologischen Individuen fünfter Ordnung, hat bei den höheren Thieren sowohl, wo die physiologische Individualität allgemein in der Ausbildung der Person ihr Ziel erreicht, als bei den Coelenteraten und den höheren Pflanzen, wo dieselbe als Spross oder Gemma gewöhnlich mit anderen Personen oder Sprossen zu Stöcken verbunden ist, eine ausgedehntere Bearbeitung und eine gerechtere Würdigung gefunden, als die Ontogenie der Metameren und Antimeren. In der Botanik spielt die „Entwickelungsgeschichte der Knospen", d. h. der Sprosse, schon längst eine hervorragende Rolle, und ebenso in der Zoologie die entsprechende „Entwickelungsgeschichte der Gesammtform oder der äusseren Körperform", besonders bei den am meisten in dieser Beziehung untersuchten und am längsten bekannten Wirbelthieren und Gliederthieren. Da bei allen Wirbelthieren und Echinodermen, den meisten Articulaten und vielen anderen Thieren das actuelle Bion durch die Person oder das morphologische Individuum fünfter Ordnung repräsentirt wird, so schliesst hier die Ontogenie der Species mit der Prosopogenie ab, während bei den meisten Pflanzen und bei den Coelenteraten, wo sich die morphologische Individualität des Bion bis zur sechsten und letzten Ordnung, dem Stock, erhebt, die Prosopogenie der Cormogenie sich unterordnet. Bei den letzteren kann daher dieselbe nicht als der Schlussstein und das letzte Ziel der gesammten Embryologie und Metamorphologie betrachtet werden, wie bei den ersteren.

Die Entstehung der Personen beruht zunächst und unmittelbar immer auf Spaltungs-Processen und zwar geht diese Spaltung entweder von bereits existirenden Personen, oder von der nächst untergeordneten Individualität des Metameres aus. Alle Personen müssen entweder durch Spaltung von Personen oder von Metameren entstehen. Die Form-Individuen vierter und fünfter Ordnung verhalten sich in

dieser Beziehung ganz gleich. Der gewöhnliche Spaltungsmodus ist bei beiden die Knospung, seltener die Theilung.

Wenn neue Personen von bereits bestehenden Personen unmittelbar erzeugt werden, so ist der gewöhnliche Zeugungsmodus die Knospenbildung, und zwar meistens die laterale, seltener die terminale Knospung. Durch Lateralknospenbildung entstehen namentlich die allermeisten pflanzlichen Personen, welche bei den Phanerogamen und höheren Cryptogamen (mit wenigen Ausnahmen) zu Colonieen vereinigt die Stöcke oder Cormen zusammensetzen. Ebenso ist es laterale Knospung, durch welche die Personen entstehen, die die meisten Coelenteratenstöcke zusammensetzen. Personen, welche aus vorhandenen Personen unmittelbar durch Terminalknospung entstehen, sind viel seltener, so z. B. manche Anneliden. Es entstehen dadurch, so lange die in einer gemeinsamen Längsaxe hinter einander liegenden Personen vereinigt bleiben, die seltsamen, aber meist rasch sich auflösenden Kettenstöcke, z. B. von *Autolytus, Syllis, Nais* etc., welche sich ebenso zu den Personen verhalten, wie die Ketten-Personen zu den Metameren.

Viel seltener, als durch Knospung, gehen Personen aus existirenden Personen durch Theilung hervor, und zwar meistens durch Längstheilung, seltener durch einen anderen Modus der Division. Am weitesten verbreitet finden wir diesen Modus der Propagation bei den Anthozoen, und insbesondere bei den Turbinoliden und Astraeiden. Durch fortgesetzte unvollständige Längstheilung entstehen hier die seltsamen Corallenstöcke der Maeandrinen, Manicinen, Coelorien, Stellorien etc., bei denen die Grenzen der einzelnen Personen so verwischt sind, dass ihre Trennung, und selbst die Erkenntniss der Centra der Einzelthiere ganz unmöglich wird.

Wenn die Entstehung der Personen nicht unmittelbar von bestehenden Personen ausgeht, sondern von subordinirten Individuen der nächst niederen Ordnung, von Metameren, so ist dieser Zeugungsakt stets eine unvollständige Knospenbildung von Metameren. Denn da der morphologische Charakter der Person oder des Prosopon in der bleibenden Vereinigung von zwei oder mehreren Metameren liegt, so muss jede unvollständige Knospenbildung eines Metameres, d. h. jede bleibende Vereinigung (Synusie) von zwei oder mehreren, durch Knospung aus einem einzigen entstandenen Metameren, eo ipso bereits als eine Person betrachtet werden. Ist die unvollständige Knospenbildung der Metameren lateral, so entstehen dadurch Buschpersonen (Prosopa fruticosa), wie bei den meisten sogenannten Stöcken der Tunicaten und Bryozoen. Ist dagegen die unvollständige Knospenbildung der Metameren terminal, so entstehen dadurch Ketten-Personen (Prosopa catenata). Dieser letztere Zeugungsmodus ist äusserst verbreitet; denn es entstehen durch denselben die Personen der Wirbelthiere, Glie-

derthiere, Echinodermen etc., und alle Pflanzensprosse, welche nicht unmittelbar durch Lateralknospung aus bereits existirenden Pflanzensprossen hervorgehen. Der Wirbelthier-Embryo ist ein einfaches Metamer, so lange noch keine Urwirbel an ihm differenzirt sind. Sobald durch den Differenzirungs-Process der Urwirbel, welcher ursprünglich offenbar eine Form der unvollständigen Terminalknospung ist, die Urwirbelsäule, eine Metameren-Kette entstanden ist, ist das einfache Metamer dadurch bereits zur Person geworden. Ebenso wird die einfache ungegliederte Keimpflanze der Phanerogamen, welche gleichfalls Metameren-Rang besitzt, zur Person, sobald das zweite Stengelglied durch Terminalknospung aus dem ersten hervorgegangen ist.

Das Wachsthum der Personen, welches ihre gesammte weitere Entwickelung bis zur erreichten vollen Grösse bedingt, beruht wesentlich auf der Entwickelung der nächstuntergeordneten Individualität, der constituirenden Metameren, und zwar auf einer Zunahme derselben sowohl an Grösse und Vollkommenheit, als an Zahl. Die Grössenzunahme und Differenzirung der Metameren dauert meistens noch lange fort, nachdem die volle Zahl derselben bereits erreicht ist, insbesondere bei den Thieren, weniger bei den Pflanzen. In letzter Linie sind es fortgesetzte Zeugungsakte der Plastiden, verbunden mit Volumvermehrung derselben, welche das Wachsthum der Organe, Antimeren und Metameren, und dadurch zugleich dasjenige der Personen bedingen.

Die Differenzirungs-Processe der Personen, welche das Wachsthum und die weitere Entwickelung derselben begleiten, sind ausserordentlich mannichfaltige. Bei denjenigen Organismen, welche als actuelle Bionten durch Personen repräsentirt werden, also bei allen Wirbelthieren, Gliederfüssern und Echinodermen, bei den meisten Würmern etc., beruht die unendliche Mannichfaltigkeit der Species zunächst auf der unbeschränkten Differenzirungs-Fähigkeit der Personen, welche ihrerseits zunächst wieder durch die reiche Differenzirung der constituirenden Metameren und Antimeren bedingt ist. Bei denjenigen Organismen dagegen, bei welchen die Personen als Sprosse integrirende subordinirte Bestandtheile der höheren Einheit des Stockes oder Cormus sind, bedingt die Differenzirung der Personen nicht allein die specifische Verschiedenheit der Arten, sondern auch den Vollkommenheitsgrad der Cormen. Je grösser dann die Differenzirung oder die Arbeitstheilung der verschiedenen Personen ist, desto vollkommener ist der Stock, wie es z. B. die polymorphen Stöcke der Siphonophoren und Phanerogamen sehr deutlich zeigen. Bei denjenigen Thieren, bei welchen viele polymorphe Personen zwar nicht zu der realen Formeinheit des Stockes, aber doch zu der idealen Functionseinheit der Gemeinde, der Heerde oder des Staates verbunden sind, ist es ebenfalls wesentlich der Differenzirungsgrad der Personen, welcher die Vollkom-

menheit des idealen staatlichen Organismus bedingt. Je grössere Freiheit hier den einzelnen Individuen behufs ihrer selbstständigen Entwickelung und Differenzirung gegeben ist, desto vollkommener ist auch der Staat. Daher erhebt sich der republikanische Staat über den monarchischen nicht nur hinsichtlich seiner Gesammtleistung, sondern auch hinsichtlich der vollkommenen Entwickelung der constituirenden Personen. Dies zeigt deutlich der republikanische Ameisenstaat gegenüber dem monarchischen Bienenstaat. Dieselben Gesetze, welche in dieser Beziehung die Entwickelung der menschlichen Staatenbildung leiten, gelten in gleicher Weise für die Gemeinden und Staaten der übrigen Thiere.

Die Degeneration der Personen wirkt, ebenso wie diejenige der Metameren, bloss dann ausschliesslich rückbildend, wenn sie einzelne Personen an sich betrifft. Auch hier treten die Wirkungen dieser Entwickelungsfunction besonders dann deutlich hervor, wenn Personen durch Anpassung an niedere Existenzbedingungen zu allgemeiner Rückbildung veranlasst werden. Am auffallendsten zeigen diese Verhältnisse unter den Thieren die parasitischen Arthropoden, und namentlich die Crustaceen, wo fast alle Ordnungen ausgezeichnete Beispiele von dieser Cataplase durch Parasitismus liefern. Unter den Pflanzen nehmen wir dasselbe bei den parasitischen Orobanchen, Cuscuten etc. nicht minder deutlich wahr. Bei den Thieren genügt häufig schon für den Eintritt entschiedener Degenerations-Processe der Uebergang von der frei beweglichen Lebensweise der umherschweifenden jugendlichen Person zu der festsitzenden Lebensweise der Erwachsenen. Bei denjenigen Personen dagegen, welche als polymorphe Glieder einer höheren Einheit, sei es nun der realen Formeinheit des Stockes oder der idealen Formeinheit des Staates vereinigt leben, kann ebenso, wie wir es vorher von den Metameren gezeigt haben, die Degeneration einzelner Personen der vollkommenen Ausbildung anderer und selbst des Ganzen zum Vortheil gereichen. Auch dieses Gesetz der Wechselbeziehung der Entwickelung gilt ebenso für die Staaten der Menschen und der höheren Thiere, wie für die Stöcke der Pflanzen und Coelenteraten. Bei den letzteren ist z. B. die Degeneration der passiven Schutz-Individuen, der Deckstücke, von Vortheil für die höhere Entwickelung der activen Schutz-Individuen, der Nesselfäden. Ebenso ist in den menschlichen Staaten die Degeneration der Aristokratie z. B., die Rückbildung der Adelskasten und Priesterkasten, von Vortheil für die vollkommnere und freiere Entwickelung der von diesen unterdrückten niederen Volksklassen, und dadurch zugleich des ganzen Staates. Eine eingehendere vergleichende Beobachtung zeigt auch hier wieder überall, dass dieselben Entwickelungsgesetze die Staatenbildung der Menschen und der anderen höheren Thiere, wie die Stockbildung der niederen Thiere und der Pflanzen beherrschen.

Alle Formveränderungen, welche wir bei der individuellen Entwickelung der Personen wahrnehmen, sowie alle Entwickelungs-Functionen, auf welchen dieselben beruhen, also alle Processe der Zeugung und des Wachsthums, der Differenzirung und Degeneration von Plastiden, Organen, Antimeren und Metameren, welche bei der Prosopogenesis zusammenwirken, sind lediglich zusammengedrängte, schnelle, durch die Gesetze der Anpassung und Vererbung bedingte Wiederholungen der ursprünglichen paläontologischen Erscheinungen, welche in langen Zeiträumen durch viele Generationen hindurch langsam zur Entstehung der gegenwärtig existirenden specifischen Personen-Formen geführt haben. Alle Erscheinungen, welche die individuelle Entwickelung der Personen begleiten, erklären sich lediglich aus der paläontologischen Entwickelung ihrer Vorfahren. Die gesammte Ontogenie der Personen ist eine kurze Recapitulation ihrer Phylogenie.

VI. Ontogenie der Stöcke.

Individuelle Entwickelungsgeschichte der Cormen.

Die Ontogenie der Cormen oder Stöcke, der morphologischen Individuen sechster Ordnung, ist der beschränkteste von allen sechs Theilen der Ontogenie, weil einerseits die Bildung echter Stöcke auf die Phanerogamen und höheren Cryptogamen, die Coelenteraten und wenige andere Thiere beschränkt ist, andererseits aber die morphologischen Verhältnisse derselben im Ganzen viel weniger Mannichfaltigkeit zeigen, als diejenigen der fünf untergeordneten Individualitäts-Ordnungen. Auch hat bisher die Zoologie der Entwickelungsgeschichte der Stöcke nur sehr geringe Aufmerksamkeit zugewendet, selbst bei denjenigen Thieren, welche, wie die Siphonophoren und Anthozoen, am meisten dazu auffordern. Viel ausgedehntere Berücksichtigung hat die Cormogenesis in der Botanik gefunden, besonders in der Lehre von der Sprossfolge und von der Entwickelung der Blüthenstände. Doch steht auch hier die Cormogenie noch keineswegs auf gleicher Stufe der Ausbildung, wie die Prosopogenie.

Die Entstehung der Cormen oder der echten Stöcke zeigt, wie es schon ihre einfacheren promorphologischen Verhältnisse vermuthen lassen, trotz aller Mannichfaltigkeit im Einzelnen, doch im Ganzen grosse Uebereinstimmung. Der allgemeine Entwickelungsprocess, durch welchen zunächst unmittelbar alle Stöcke entstehen, ist die unvollständige Spaltung von Personen, und zwar ist diese Spaltung allermeistens Knospenbildung, viel seltener Theilung.

Die unvollständige Knospenbildung von Personen, durch welche die allermeisten Stöcke entstehen, ist fast immer laterale Knospenbildung. So entstehen die Stöcke der allermeisten Coelen-

teraten und höheren Cryptogamen und aller Phanerogamen. Die grösste Mannichfaltigkeit in der gegenseitigen Lagerung, Verbindung, Grösse, Zahl und Differenzirung der Personen, welche durch Lateralknospung den Stock zusammensetzen, findet sich bei den sexuellen Stöcken der Phanerogamen, den sogenannten Blüthenständen. Durch terminale Knospenbildung von Personen können zwar auch Stöcke entstehen, aber diese persistiren nicht, sondern stellen nur eine schnell vorübergehende Vereinigung von mehreren Personen dar, welche nachher getrennt weiter leben. Dies ist der Fall bei den provisorischen Kettenstöcken der Anneliden, z. B. *Autolytus*, *Syllis*, *Nais* etc.

Die unvollständige Theilung von Personen ist als Entstehungsmodus von Stöcken viel seltener und beschränkter, als die unvollständige Knospung. Sie findet sich bei den Anthozoen unter den Coelenteraten, vorzugsweise bei den Astraeiden und Turbinoliden, ferner bei niederen Cryptogamen. Unter den Phanerogamen kommt sie nur ausnahmsweise, als Fasciation vor, nicht unter normalen Verhältnissen. Die incomplete Personentheilung, durch welche Cormen entstehen, ist fast immer Längstheilung, seltener Strahltheilung (bei einigen Astraeiden), oder Stücktheilung.

Das Wachsthum der Stöcke, welches ihre gesammte weitere Entwickelung bedingt, beruht wesentlich auf der Entwickelung der nächst untergeordneten Individualitäten, der constituirenden Personen, und zwar vorzugsweise auf einer fortdauernden Zunahme derselben an Zahl und Grösse. Dieses Wachsthum ist bei den Cormen viel weniger beschränkt, als bei allen übrigen Individualitäten; ja, in vielen Fällen scheint dasselbe sogar unbeschränkt zu sein. Während wir bei den Form-Individuen der fünf niederen Ordnungen, von der Plastide bis zur Person, fast immer eine bestimmte Wachsthumsgrenze antreffen, welche für die betreffende Organismen-Art charakteristisch ist, so fehlt diese bei sehr vielen Stöcken gänzlich. Es hängt dieses unbegrenzte Wachsthum der Cormen in vielen Fällen damit zusammen, dass der Cormus beständig am einen Ende der Längsaxe abstirbt, während er am anderen Ende fortwächst, so namentlich bei den unterirdischen kriechenden Stöcken (Wurzelstöcken, Rhizomen) vieler Pflanzen, und bei den ähnlichen Formen vieler Corallenstöcke. Bei den letzteren kommt dazu noch der Umstand, dass die abgestorbenen Skelettheile zahlloser früherer Generationen untrennbar mit denen der jüngsten und allein lebenden Generation von Anthozoen, die sich auf der Oberfläche des Corallenstocks befindet, zusammenhängen, und dass bei eintretenden langsamen Senkungen des Meerbodens das an der Oberfläche beständig fortdauernde Wachsthum des sinkenden Corallenstocks das Volum desselben zum Umfange von grossen Inseln anzuschwellen vermag. In letzter Instanz sind es natürlich auch hier die unaufhörlich fortgesetz-

ten Zeugungsakte der Plastiden, verbunden mit Volumvermehrung derselben, welche das Wachsthum der Organe, Antimeren, Metameren und Personen, und dadurch zugleich dasjenige der Cormen bedingen.

Die Differenzirungs-Processe der Stöcke, welche das Wachsthum und die weitere Entwickelung derselben begleiten, sind im Ganzen viel weniger auffallende und mannichfaltige, als bei den Personen und bei den anderen subordinirten Individualitäten. Es geht dies schon hervor aus der grossen Einfachheit und geringen Mannichfaltigkeit der Grundformen, welche die meisten Stöcke vor den übrigen Individualitäten auszeichnet. Ferner zeigt sich dieser geringe Differenzirungsgrad deutlich in dem Umstande, dass die Gesammtform des Stockes nur selten für die betreffenden Organismen-Species charakteristisch ist, und nur in wenigen Fällen als diagnostisches Merkmal benutzt werden kann. Daher haben auch die Stöcke allgemein in der Systematik eine viel geringere Berücksichtigung gefunden, als die Personen. Offenbar ist es die festsitzende Lebensweise der allermeisten Stöcke, welche diesen geringen Differenzirungsgrad grösstentheils bedingt. Dies zeigt schon die verhältnissmässig grosse Differenzirung der frei beweglichen Siphonophorenstöcke. Am einförmigsten und am wenigsten mannichfaltig differenzirt zeigen sich die Stöcke der Anthozoen und die geschlechtslosen (nicht blühenden) Phanerogamen-Stöcke. Je weiter die Arbeitstheilung unter den constituirenden Personen geht, desto grösser wird die Differenzirung des Stockes. Die höchste Entwickelung zeigen in dieser Beziehung die polymorphen Cormen der Siphonophoren. Unter den Pflanzen zeigt sich die mannichfaltigste Differenzirung in der Bildung der Geschlechtsstöcke bei den Phanerogamen, in der Form der Blüthenstände oder Inflorescentien. Dass im Uebrigen die Differenzirung der Cormen als realer Bionten sechster Ordnung nach denselben Entwickelungsgesetzen erfolgt, wie die Differenzirung der Staaten als idealer Bionten sechster Ordnung, und dass sowohl hier wie dort die Differenzirung der höheren Einheit unmittelbar durch diejenige der constituirenden Personen bedingt ist, haben wir schon im vorhergehenden Abschnitte gezeigt.

Die Degeneration der Stöcke ist an sich, ebenso wie ihre Differenzirung, von viel geringerer Bedeutung als diejenige der Personen. Da die Stöcke, abgesehen von dem Unterschiede der einfachen und zusammengesetzten Cormen (vergl. Band I, S. 330), niemals als untergeordnete Form-Individuen eine höhere Individualität zusammensetzen, und da es mithin reale morphologische Individuen siebenter Ordnung bei keiner Organismen-Species giebt, so kann die Degeneration einzelner Stöcke auch niemals in der Weise zur Differenzirung und correspondirenden Entwickelung einer höheren Individualität beitragen, wie es bei den Personen, Metameren etc. der Fall war. De-

generation von Stöcken durch Anpassung an einfachere Existenzbedingungen sehen wir an vielen parasitischen Pflanzenstöcken eintreten. Sehr häufig ist an den Stöcken partielle Degeneration zu beobachten, so namentlich bei den durch unbeschränktes Wachsthum ausgezeichneten Cormen. Oft geht hier die Degeneration des einen Endes der Hauptaxe (z. B. bei den kriechenden Rhizomen) gleichen Schritt mit den fortschreitenden Zeugungs- und Wachsthums-Processen am anderen Ende derselben, so dass wir an einem und demselben Stocke vorn anaplastische, in der Mitte metaplastische und hinten cataplastische Processe gleichzeitig vorfinden [1]).

Alle Formveränderungen, welche wir bei der individuellen Entwickelung der Stöcke wahrnehmen, sowie alle Entwickelungsfunctionen, auf welchen dieselben beruhen, also alle Processe der Zeugung und des Wachsthums, der Differenzirung und Degeneration von Plastiden, Organen, Antimeren, Metameren und Personen, welche bei der Cormogenesis zusammenwirken, sind lediglich zusammengedrängte, schnelle, durch die Gesetze der Anpassung und Vererbung bedingte Wiederholungen der ursprünglichen paläontologischen Erscheinungen, welche in langen Zeiträumen durch viele Generationen hindurch langsam zur Entstehung der gegenwärtig existirenden specifischen Stock-Formen geführt haben. Alle Erscheinungen, welche die individuelle Entwickelung der Stöcke begleiten, erklären sich lediglich aus der paläontologischen Entwickelung ihrer Vorfahren. Die gesammte Ontogenie der Stöcke ist eine kurze Recapitulation ihrer Phylogenie.

---

[1]) Die vier Entwickelungsfunctionen (S. 72) sind also bei den Stöcken dieselben, wie bei allen untergeordneten Form-Individuen. Vielleicht könnte an diese noch als eine fünfte Entwickelungsfunction die Verwachsung *(Concrescentia)* angeschlossen werden, d. h. die secundäre Verbindung von mehreren primär getrennten Individuen, durch welche zugleich ein Form-Individuum nächst höherer Ordnung entsteht. Bei den Stöcken zeigt sich dieser Vorgang in dem Verschmelzen von zwei oder mehreren, in unmittelbarer Berührung befindlichen Baumstämmen (sehr häufig an den Oelbäumen in Südeuropa zu beobachten), sowie in dem Zusammenhange der Wurzeln der verschiedenen Tannenbäume eines Waldes. Bei den Personen ist eine gleiche Verwachsung nicht selten unter den Coelenteraten (besonders Anthozoen) und Pflanzen zu beobachten, sowohl an freien Personen, als an Sprossen der Stöcke. Als Concrescenz von Metameren könnte die Doppelbildung von *Diplozoon paradoxum*, als Verwachsung von Antimeren die oben (S. 134) erwähnten Fälle von Asteriden-Entwickelung angesehen werden. Auch die Entstehung der gamopetalen Blumenkrone aus der polypetalen beruht auf einer secundären Concrescenz von Antimeren. Endlich würden als Concrescenz von Form-Individuen zweiter und erster Ordnung die oben angeführten Vorgänge von Verwachsung, Conjugation und Copulation der Organe (S. 127) und der Plastiden (S. 119, 62) hierher gezogen werden können. Doch sind uns im Ganzen diese Verschmelzungs-Processe noch zu wenig bekannt, als dass wir die Concrescenz als eine besondere fünfte Entwickelungsfunction ansehen könnten.

Neunzehntes Capitel.

Die Descendenz-Theorie und die Selections-Theorie.

„Diess also hätten wir gewonnen, ungescheut behaupten zu dür-
fen, dass alle vollkommneren organischen Naturen, worunter wir
Fische, Amphibien, Vögel, Säugethiere und an der Spitze der letz-
ten den Menschen sehen, alle nach Einem Urbilde geform
seien, das nur in seinen sehr beständigen Theilen meh
oder weniger hin- und herweicht, und sich noch täg
lich durch Fortpflanzung aus- und umbildet."

Goethe 1796

I. Inhalt und Bedeutung der Descendenz-Theorie.

Alle Organismen, welche heutzutage die Erde b
wohnen und welche sie zu irgend einer Zeit bewohnt ha
ben, sind im Laufe sehr langer Zeiträume durch allmäl
liche Umgestaltung und langsame Vervollkommnung a
einer geringen Anzahl von gemeinsamen Stammform
(vielleicht selbst aus einer einzigen) hervorgegange
welche als höchst einfache Urorganismen vom Wert
einer einfachsten Plastide (Moneren) durch Autogon
aus unbelebter Materie entstanden sind.

In diesem Satze formuliren wir den Inhaltskern der Descenden
Theorie [1]), jener äusserst wichtigen Lehre, die wir bereits an v
schiedenen Stellen unserer allgemeinen Anatomie als den unentbeh
lichen Grundgedanken der gesammten wissenschaftlichen Biologie, u
der organischen Morphologie insbesondere bezeichnet haben (vergl. b
sonders das vierte, sechste und siebente Capitel). Wie wir bereits
den einleitenden Bemerkungen zur allgemeinen Entwickelungsgeschich
hervorhoben, wird diese letztere erst durch die Descendenz-Theorie z

1) Die Descendenz-Theorie oder Abstammungs-Lehre wird von anderen Auto
auch oft als Transmutations- oder Transformations-Theorie (Umwandlun
oder Umbildungs-Lehre) bezeichnet. Diese verschiedenen Ausdrücke sind identisch

eigentlichen Wissenschaft, indem dadurch ihre empirischen Kenntnisse zu philosophischen Erkenntnissen werden. Ohne die Abstammungslehre ist die Morphogenie nur eine empirische Sammlung von Thatsachen, welche erst in den von der ersteren enthüllten wirkenden Ursachen ihre Erklärung finden. Wir durften daher den wichtigen Grundsatz aussprechen: „die Descendenz-Theorie ist die wissenschaftliche Begründung der gesammten Entwickelungsgeschichte durch das allgemeine Causalgesetz" (S. 9).

Da es von der grössten Wichtigkeit ist, diese fundamentale Vorstellung stets im Gedächtnisse zu behalten, und da dieselbe seltsamer Weise von den meisten Naturforschern, sowohl Anhängern, als Gegnern, theils nicht genug gewürdigt, theils ignorirt, theils nicht begriffen wird, so müssen wir hier nochmals ausdrücklich auf das bereits oben darüber Gesagte verweisen (S. 6—12). Was speciell die Bedeutung der Abstammungslehre für die Morphologie der Organismen betrifft, so erblicken wir diese vorzüglich darin, dass sie die letztere als eine monistische oder mechanische Wissenschaft auf die Lehre von den „wirkenden Ursachen" *(Causae efficientes)* begründet und dadurch dieselbe auf eine Stufe mit den gesammten übrigen Naturwissenschaften erhebt. Bisher stand die organische Morphologie in der That ganz ausserhalb der letzteren, und steht hier bei den Gegnern der Descendenz-Theorie noch heute. Der widerspruchsvolle und absolut verwerfliche Dualismus der letzteren scheidet die gesammte Naturwissenschaft in zwei vollkommen getrennte und schroff entgegengesetzte Wissenschaftsgebiete, in eine mechanische und eine vitalistische Hälfte. Die mechanische oder monistische Naturwissenschaftshälfte, welche das gesammte Gebiet der Abiologie (oder Anorganologie, Bd. I, S. 21) und zugleich die Physiologie der Organismen (Biodynamik) umfasst, erklärt die empirischen Thatsachen mechanisch, aus physikalisch-chemischen Verhältnissen, aus wirkenden Ursachen *(Causae efficientes)*. Die vitalistische oder dualistische Naturwissenschaftshälfte dagegen, welche das gesammte Gebiet der organischen Morphologie oder Biostatik (Anatomie und Entwickelungsgeschichte Bd. I, S. 30) umfasst, erklärt die empirischen Thatsachen teleologisch, aus unbekannten vitalistischen Verhältnissen, aus zweckthätigen Ursachen *(Causae finales;* vergl. Bd. I, S. 94—105). Der unlösliche Widerspruch, welcher in diesem Dualismus liegt, tritt so handgreiflich zu Tage, dass man ihn für längst überwunden halten sollte, zumal neuerdings die mechanische Natur der Physiologie (allerdings gewöhnlich diejenige des Central-Nervensystems ausgenommen!) allgemein anerkannt ist. Man sollte meinen, dass die Morphologie der Organismen schon längst nothwendig der Physiologie auf das mechanisch-causale Gebiet des Monismus hätte folgen müssen. Dennoch ist dies thatsächlich nicht der Fall.

Die tiefen Wurzeln, welche der vitalistisch-teleologische Dualismus im Laufe von Jahrtausenden in dem menschlichen Gehirne geschlagen hat, sitzen hier bei der grossen Masse der Menschen noch fest und unerschüttert. Sowohl die gesammte Morphologie der Organismen, als auch die Physiologie des Central-Nervensystems, die Psychologie, wird von den Meisten noch immer dualistisch aufgefasst, während die gesammte übrige Physiologie und die gesammte Abiologie von denselben Leuten monistisch behandelt wird. Dieser unhaltbare Zwiespalt, welchen allerdings schon consequentes Denken in seiner ganzen Absurdität enthüllen sollte, wird von der Descendenz-Theorie vollständig vernichtet. Sie zeigt uns, das die gesammte Morphologie der Organismen eben so wie die Physiologie und die Abiologie auf mechanich-causaler Basis beruhen muss, und dass die Ursachen sämmtlicher Naturerscheinungen, auch der am meisten zusammengesetzten organischen Entwickelungs-Phänomene, lediglich mechanische, wirkende Ursachen, niemals finale, zweckthätige Ursachen sind.

Diesen äusserst wichtigen Punkt glauben wir nicht genug hervorheben zu können. Er ist die unangreifbare Citadelle der wissenschaftlichen Biologie. Wenn man dieses fundamentalen Punktes stets eingedenk ist, so wird man die unermessliche Bedeutung der Abstammungslehre niemals unterschätzen. Es giebt in der That nur noch eine einzige Theorie, welche sich in diesen Beziehungen mit ihr messen kann, die Gravitations-Theorie der Weltkörper. Was diese für die anorganische, das leistet die Descendenz-Theorie für die organische Natur. Nur durch sie werden alle biologischen Zweige der Naturwissenschaft auf mechanischer Basis causal begründet, und dadurch mit allen abiologischen Zweigen zu einer monistischen Gesammtwissenschaft vereinigt. Nur durch sie gelangen wir zu der Ueberzeugung von der Einheit der organischen und anorganischen Natur, von der absoluten Nothwendigkeit, welche dieselbe beherrscht, von dem allgemeinen Causalgesetz, welches dieselbe mechanisch regiert. Nur durch sie lösen wir die letzte und höchste Aufgabe, welche Bär der Entwickelungsgeschichte, und dadurch zugleich der gesammten Morphologie der Organismen gesteckt hat: „die Zurückführung der bildenden Kräfte des organisirten Körpers auf die allgemeinen Kräfte des Weltganzen“ (S. 12).

II. Entwickelungsgeschichte der Descendenz-Theorie.

Eine umfassende oder auch nur einigermassen vollständige Entwickelungsgeschichte der Descendenz-Theorie zu schreiben, ist weder hier am Ort, noch gegenwärtig schon an der Zeit. Diese schöne und interessante Aufgabe wird erst später gelöst werden können, wenn die un-

ermessliche Bedeutung der Abstammungslehre praktische Anwendung im Leben der gesammten Wissenschaft gefunden und wenn dieselbe die gesammte menschliche Weltanschauung auf mechanischer Basis reformirt haben wird. Zuvor müssen die nothwendigen Consequenzen der Descendenz-Theorie allgemein anerkannt werden: die vollständige Einheit der gesammten organischen und anorganischen Natur und die alleinige Geltung der mechanisch-wirkenden Ursachen in allen Naturerscheinungen, die vollständige Einheit von Kraft und Stoff und die alleinige Geltung der chemisch-physikalischen Nothwendigkeits-Gesetze in allen wahrnehmbaren Vorgängen, die vollständige Einheit der Structur und Abstammung des Menschen und der übrigen Wirbelthiere, und die alleinige Geltung der causal-mechanischen Nothwendigkeits-Herrschaft auch in der gesammten Anthropologie, die Psychologie nicht ausgenommen. Erst wenn diese nothwendigen Consequenzen der Abstammungslehre in Wissenschaft und Leben als unwiderlegliche, auf empirischer Basis begründete Naturwahrheiten anerkannt sein werden, erst wenn durch ihre reformatorische Kraft menschliche Wissenschaft und menschliches Leben aus ihrem gegenwärtigen niederen und rohen Zustande auf eine höhere Stufe der Entwickelung erhoben sein werden, wird eine vollständige „Entwickelungsgeschichte der Descendenz-Theorie" an der Zeit sein.

Für uns kann hier nur die Aufgabe vorliegen, die ersten Stadien dieses weltbewegenden Entwickelungsvorganges, in denen wir uns noch gegenwärtig befinden, in ihren wesentlichsten Momenten zu fixiren, und mit unparteiischer Hand den Lorbeerkranz auf das Haupt jener kühnen Geisteshelden zu legen, welche zuerst mit gewaltiger Hand den Grundstein zur Descendenz-Theorie gelegt und die Zwingburg des herrschenden teleologisch-vitalistischen Wunderglaubens in Trümmer geschlagen haben. Dieser schönen Pflicht aber können wir uns um so weniger entziehen, als schon gegenwärtig nicht nur unter den Gegnern, sondern auch unter den Anhängern der Descendenz-Theorie die Stimmen über Verdienst und Antheil ihrer Begründer sehr getheilt sind.

Zunächst scheint es uns hier nöthig, hervorzuheben, dass keiner von denjenigen Recht hat, welche den Ruhm die Descendenz-Theorie begründet zu haben, einem einzelnen Naturforscher ganz allein vindiciren möchten. Weder Darwin, noch Wallace, weder Goethe, noch Oken, weder Geoffroy S. Hilaire, noch Lamarck können ausschliesslich für sich allein diesen Ruhm beanspruchen. Vielmehr gilt von der Descendenz-Theorie dasselbe, wie von allen anderen epochemachenden Entdeckungen und Fortschritten des Menschengeistes, dass sie ein Kind ihrer Zeit sind, und dass sie mehr oder minder bestimmt geahnt und angedeutet wurden, ehe der selbstbewusste Genius sie an das Tageslicht förderte und mit voller Klarheit scharf formu-

lirte. Wie die Entwickelungsbewegung der gesammten organischen Natur eine continuirliche Kette von successiv fortschreitenden Differenzirungs-Processen ist, die mit absoluter Nothwendigkeit aus einander hervorgehen, so waltet auch in dem geistigen Entwickelungsgange der denkenden Menschheit, der nur ein Theil jener grossen Kette ist, dasselbe Nothwendigkeits-Gesetz. Sobald die Zeit der Reife für eine neue grosse Idee gekommen, sobald die Hülle des herrschenden Dogma zu eng für den wachsenden Menschengeist geworden, muss mit Nothwendigkeit diese Hülle gesprengt werden und der Häutungs-Akt stattfinden, gleichviel ob dieser oder jener grosse Genius den ersten Anstoss zum Durchbruch giebt. Unnütz und wirkungslos ist ein solcher Anstoss zwar nie; wohl aber kann er nur unbedeutende Resultate erzielen und scheinbar wirkungslos vorübergehen, wenn er vor der vollen Reifezeit erfolgt.

Die Gültigkeit dieses Naturgesetzes, die wir bei allen grossen geistigen Metamorphosen der fortschreitenden Menschheit bestätigt finden, zeigt sich auch in der Entwickelungsgeschichte der Descendenz-Theorie. Durch Goethe und Lamarck ein halbes Jahrhundert zu früh ins Dasein gerufen, blieb sie fast ohne Wirkung. Erst der Reifegrad, den in den folgenden fünfzig Jahren die gesammte Biologie durch das colossale Wachsthum ihrer empirischen Kenntnisse erlangt hatte, lieferte den fruchtbaren und empfänglichen Boden zur Aufnahme der Ideen von Darwin und Wallace. Je mehr in allen Zweigen der Biologie, und besonders in der Physiologie, durch die allseitig zunehmende Ausdehnung unserer Erfahrungskenntnisse die monistische Naturauffassung an Boden gewann, desto mehr musste sie sich auch Geltung in der organischen Morphologie erwerben, und zum Angriff auf das herrschende teleologische Dogma der Species-Schöpfung vorbereiten. So finden wir denn auch, namentlich von hervorragenden deutschen Biologen, in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts wiederholt den Grundgedanken der Descendenz-Theorie, die Abstammung der verwandten Species von gemeinsamen Stammformen, ausgesprochen, so besonders von Bär[1], der durch seine classischen Untersuchungen über die gemeinsamen Entwickelungsformen der verschiedenen Thierclassen, von Schleiden[2], der durch seine philosophische Untersuchung des Species-Begriffes, und von Victor Carus, der durch sein „System der thierischen Morphologie" (S. 5) mit Nothwendigkeit zur Auflehnung gegen das bestehende

1) C. E. v. Bär, Das allgemeinste Gesetz der Natur in aller Entwickelung (1834) in „Reden" etc., Petersburg 1864, und besonders die vortrefflichen beiden Aufsätze „Zwei Worte über den jetzigen Zustand der Naturgeschichte." Königsberg 1821.

2) Schleiden, Grundzüge der wissenschaftl. Botanik III. Aufl. 1850, II. Thl. S. 515. Ueber Species und Specification.

Dogma hingeführt wurde. Doch gelangten dieselben nicht zu einer bestimmten und vollständigen Formulirung der Abstammungslehre [1]).

Wenden wir uns nun zu denjenigen Naturforschern, welche in engerem Sinne als die Begründer der Abstammungslehre bezeichnet zu werden verdienen, so glauben wir vor Allen Lamarck und Geoffroy S. Hilaire in Frankreich, Goethe und Oken in Deutschland, Darwin und Wallace in England hervorheben zu müssen [2]). Das Ver-

---

1) Ebenso wie in Deutschland von Bär, Schleiden und Carus, wurden auch von einigen englischen und französischen Naturforschern im vierten und fünften Decennium unsers Jahrhunderts mehrfach Andeutungen im Sinne der Descendenz-Theorie gemacht. Vergl. Darwin's Vorrede zur deutschen Uebersetzung seines Werkes.

2) Die Descendenz-Theorie ist ein Kind unseres Jahrhunderts, und ihr Geburtsjahr, durch Lamarck's fundamentales Werk bezeichnet, ist 1809. Allerdings hatte Goethe seine wichtigsten darauf bezüglichen Ideen schon im letzten Decennium des vorigen Jahrhunderts (1790, 1796) niedergeschrieben; doch wurden sie (abgesehen von der Metamorphose der Pflanze, die bereits 1790 erschien) erst später veröffentlicht. Was den ersten Ursprung der Transmutations-Theorie und ähnlicher Ideen betrifft, so haben allerdings schon einzelne hervorragende Naturforscher früherer Jahrhunderte, und selbst schon mehrere bedeutende Philosophen des Alterthums mehr oder minder bestimmt den Gedanken ausgesprochen, dass die verschiedenartigen, aber doch von einem gewissen Zuge von Familienähnlichkeit zusammengehaltenen Arten der Organismen entweder aus einander oder aus einem gemeinsamen Grundtypus, einer uralten Stammform, durch allmähliche Umbildung entstanden seien. Und in der That wird dieser Gedanke durch einen synthetisch vergleichenden Ueberblick der ungleichen und doch so ähnlichen organischen Formen, durch einen weiter eingehenden Rückblick auf ihre zeitliche Entwickelung, durch eine aufmerksame Erwägung der individuellen Unterschiede von mehreren Kindern eines und desselben Elternpaars, dem denkenden Menschen so nahe gelegt, dass es nicht der entwickelten biologischen Wissenschaft bedurfte, um von der Wahrheit desselben durchdrungen zu werden. Indessen sind die einzelnen Aeusserungen dieses Gedankens, welche vor dem neunzehnten Jahrhundert gethan wurden, theils so unbestimmt und allgemein gehalten, theils in so phantastischer Form ausgesprochen, dass sie in keiner Weise gegen die Verdienste Lamarcks und seiner Nachfolger Prioritätsansprüche erheben können. Die Einheit des Bauplanes in den verwandten Organismen („l'unité de composition organique") wurde zwar schon von der vergleichenden Anatomie des vorigen Jahrhunderts als ein Grundgesetz anerkannt, aber doch niemals auf ihre gemeinsame Abstammung als mechanische Ursache bezogen. Wir finden diesen monistischen Einheitsgedanken schon beim Vater der Naturgeschichte, Aristoteles, ausgesprochen, welcher im Anfang seiner Geschichte der Thiere sagt, dass man zwischen verschiedenen und doch ähnlichen Thieren eine „Analogie" finden könne; die Vogelfeder entspricht nach ihm der Fischschuppe, und die Theile, welche die verschiedenen Individuen zusammensetzen, sind „ἕτερα καὶ τὰ αὐτά". In der Mitte des sechzehnten Jahrhunderts bezeichnet Belon die homologen Theile des menschlichen und des Vogel-Skelets mit denselben Buchstaben und sagt ausdrücklich, dass diese gleiche Bezeichnung zeigen solle: „combien l'affinité est grande des uns et des autres." Auch der grosse Newton konnte nicht zweifeln, dass die thierischen Körper nach demselben Gesetz der einheitlichen Bildung gebaut sind, wie die Weltkörper. Herder hebt in seinen berühmten „Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit" die Einheit des Organisationstypus in der unendlichen Mannigfaltigkeit der lebenden Wesen hervor, und ähnlich äusseren sich in Frankreich Buffon und Vicx d'Azyr.

dienst, die Grundgedanken der Species-Transmutation und der sich daraus unmittelbar ergebenden Folgerungen zuerst klar und bestimmt als wissenschaftliche Theorie ausgesprochen zu haben, gebührt jedenfalls dem grossen französischen Naturforscher Jean Lamarck, dessen merkwürdige *Philosophie Zoologique* (1809), als die erste, systematisch abgerundete und offen bis zu allen Consequenzen verfolgte Darstellung der Abstammungslehre den Beginn einer neuen Periode in der geistigen Entwickelungsgeschichte der Menschheit bezeichnet[1]).

---

1) J. B. P. A. Lamarck (Jean Baptiste Pierre Antoine, geboren 1744, gestorben 1829) Philosophie Zoologique ou Exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle des animaux; à la diversité de leur organisation et des facultés, qu'ils en obtiennent; aux causes physiques, qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvemens, qu'ils exécutent; enfin, à celles qui produisent, les unes le sentiment, et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués." II Tomes. Paris, Dentu, 1809. In neuer Form entwickelte Lamarck dieselbe Lehre 1815 im ersten Bande seiner berühmten „Histoire naturelle des animaux sans vertèbres". Da die „Philosophie Zoologique" wenig bekannt ist, und es von hohem Interesse ist, zu sehen, wie weit Lamarck der ihn nicht verstehenden Zeit vorausgeeilt war, so geben wir hier die wichtigsten von seinen kühnen Sätzen wörtlich wieder. Die Capitel, in denen sie sich finden, sind durch römische Ziffern bezeichnet. Première Partie: I. Les distrubutions systématiques, les classes, les ordres, les familles, les genres, et la nomenclature, ne sont que des parties de l'art (!). II. La connaissance des rapports entre les productions naturelles connues, fait la base des sciences naturelles, et donne de la solidité à la distribution génèrelle des animaux. III. Les espèces se sont formées successivement, n'ont qu'une constance relative, et ne sont invariables, que temporairement (!). IV. Les actions des animaux ne s'exécutent que par des mouvemens excités; et il n'est pas vrai, que tous les animaux jouissent du sentiment, ainsi que de la faculté d'exécuter des actes de volonté (!). V. La connaissance des rapports, qui existent entre les différens animaux, est le seul flambeau qui puisse guider dans l'établissement de leur distribution, en sorte que son usage en fait disparaitre l'arbitraire. VI. La progression dans la composition de l'organisation subit, çà et là, dans la série générale des animaux, des anomaliees opérées par l'influence des circonstances d'habitation, et par celle des habitudes contractées. VII. La diversité des circonstances influe sur l'état de l'organisation, la forme générale, et les partiees des animaux (!). VIII. La nature, ayant formés les animaux successivement, a nécessairement commencé par les plus simples, et n'a produit qu'en dernier lieu ceux qui ont l'organisation la plus composée (!). Seconde Partie: I. Les animaux sont essentiellement distingués des végétaux par l'irritabilité. II. La vie en elle-même n'est qu'un phénomène physique (!). Tome second. III. Les mouvemens organiques, ainsi que ceux qui constituent les actions des animaux, ne s'exécutent que par l'action d'une cause excitatrice. IV. L'irritabilité est une faculté exclusivement propre aux parties souples des animaux. V. Le tissue cellulaire est la matrice générale de toute organisation (!). VI. Au moyen de générations directes ou spontanées, formées au commencement de l'échelle, soit animale, soit végétale, la nature est parvenue à donner progressivement l'existence à tous les autres corps vivans (!). VII. Il n'est pas vrai que les corps vivans aient lá faculté de résister aux lois et aux forces auxquelles tous les corps non vivans sont asujettis, et qu'ils se régissent par des lois qui leur sont particulières (!). VIII. La vie donne généralement à tous les corps qui la

Lamarck hatte durch das sorgfältigste Studium der wirbellosen Thiere, insbesondere der lebenden Mollusken und ihrer auffallenden Verwandtschaft mit den fossilen Formen der Tertiärzeit, sich die Vorstellung eines genealogischen Zusammenhanges derselben erworben, und er bildete diese systematisch aus, indem er die Abstammung aller höher organisirten Thiere und Pflanzen von einer Anzahl höchst einfacher, durch Urzeugung entstandener Stammformen annahm. Aus diesen haben sich nach ihm im Laufe der Zeit die unendlich mannigfach gebildeten verschiedenen Arten oder Species in ganz ähnlicher Weise entwickelt, wie es die „Rassen" der Hausthiere und Culturpflanzen unter unseren Augen thun. Die Ursachen der allmählichen Umbildung suchte Lamarck theils in der Einwirkung der äusseren Lebensbedingungen, theils in der Kreuzung und Bastardirung der Arten, vorzugsweise aber in der Wirkung der Gewohnheit, in dem Gebrauche und Nichtgebrauche der Organe. Für diese allmählige Transformation der Organe nahm Lamarck sehr lange Zeiträume (geologische Perioden) in Anspruch. Die Kategorieen der botanischen und zoologischen Systeme erklärte er für künstliche Abgrenzungen, welche nur den Differenzgrad der natürlichen Blutsverwandtschaft bezeichnen. Besonders interessant aber ist es, dass Lamarck bereits die wichtigste und weitgreifendste Consequenz der Umwandelungslehre vertrat, und die Transmutation des Affen in den Menschen behauptete, welche nach seiner Ansicht vorzüglich durch die veränderte Lebensweise der Affen und insbesondere durch die Gewohnheit des aufrechten Ganges und die damit verbundene Differenzirung der vorderen und hinteren Extremitäten erfolgte[1]).

---

possèdent des facultés qui leur sont communes. IX. Toute faculté particulière à certains corps vivans, provient d'un organe spécial qui y donne lieu. Troisième partie. I. Le système nerveux est particulier à certains animaux, et parmi ceux qui le possèdent, on le trouve dans des différens états de composition et de perfectionnement (!). II. Le fluide nerveux est l'agent singulier par lequel se forment les idées, et tous les actes d'intelligence (!). III. Le sentiment est le produit d'une action sur le fluid nerveux. IV. Le sentiment interieur est le lieu qui réunit le physique au moral (!). V. L'instinct dans les animaux, est un penchant qui entraine, que des sensations provoquent en faisant naître des besoins, et qui fait exécuter des actions, sans la participation d'aucune pensée, ni d'aucun acte de volonté. VI. La volonté n'est jamais véritablement libre (!). VII. Tous les actes de l'entendement exigent un système d'organes particulier pour pouvoir s'exècuter. VIII. La raison n'est autre chose qu'un degré acquis dans la nectitude des jugemens (!).

1) Allerdings zog sich Lamarck „dadurch die entschiedenste Missachtung Napoleons des Ersten zu, den er durch seine übrigen systematischen, wirklich classischen Untersuchungen kaum versöhnen konnte." So erzählt W. Keferstein in einer höchst lesenswerthen Kritik der Transmutations-Lehre, welche für den Standpunkt der Gegner Darwins sehr bezeichnend ist (Göttinger gelehrte Anzeigen 1862, V. S. 198). Es ist gewiss ein wahres Glück für unsere Wissenschaft, dass Darwin von diesem schreck-

Wie weit der grosse Lamarck seiner Zeit vorauseilte, geht am schlagendsten daraus hervor, dass sein Werk an den allermeisten Zeitgenossen spurlos vorüber ging. Cuvier hielt es in seinem Bericht über die Fortschritte der Naturwissenschaften nicht der Mühe werth, Lamarcks Buch, welches seine ganze Wissenschaft von Grund aus umgestaltete, auch nur mit einem Worte zu erwähnen, obwohl die unbedeutendsten Kleinigkeiten in jenem Berichte Aufnahme fanden. Merkwürdig ist es aber, dass auch die Schule der französischen Naturphilosophen, die sich bald nach jener Zeit entwickelte, von dem Einfluss Lamarcks wenig berührt worden zu sein scheint. Selbst der bedeutendste derselben, E. Geoffroy S. Hilaire, scheint viele der wichtigsten Ideen seines grossen Vorgängers gar nicht verstanden oder doch ihren Werth nicht erkannt zu haben. Zwar nimmt er auch im Wesentlichen die Abstammungslehre an, allein ohne sie so klar und bestimmt wie Lamarck, zu präcisiren. Als die Hauptursache der allmählichen Umänderung der organischen Welt betrachtet er gewisse Veränderungen in der Beschaffenheit (Wärme, Dichtigkeit, Wassergehalt, Kohlensäuregehalt etc.) der Atmosphäre. Diese äusseren Einflüsse sind gewiss auch von hoher Wichtigkeit, aber an unmittelbarer Tragweite nicht mit den viel bedeutenderen Wirkungen der Uebung und Gewohnheit zu vergleichen, denen Lamarck mit Recht eine allgemeine und ausserordentlich hohe Bedeutung zuschrieb. Während der letztere sich in der scharfen Hervorhebung der „wirkenden Ursachen" als einziger formbildender Elemente entschieden als mechanisch erklärenden Monisten zeigt, sehen wir dagegen Geoffroy durch die stärkere Betonung eines gemeinsamen Bauplanes aller Organismen sich mehr zu einem teleologischen Dualismus hinneigen. Wir haben bereits oben (Bd. I, S. 69) den Conflikt erwähnt, welcher später zwischen Geoffroy und Cuvier im Schoosse der Pariser Akademie ausbrach, und wobei es sich wesentlich um die Transmutations-Theorie handelte. Die letztere unterlag den unmittelbar anschaulichen und greifbaren Argumenten Cuviers, welcher sich einfach auf die Behauptung empirisch feststehender Thatsachen beschränkte, und den über die Erfahrung hinausgreifenden Speculationen der Naturphilosophen keinerlei Einfluss zugestand. Im Grunde leugnete Cuvier damit nicht nur die Berechtigung einzelner inductiver und deductiver Schlüsse, durch deren Anwendung

lichen Schicksale Lamarcks Nichts gewusst hat! Sonst hätte er vielleicht gewaltige Angst bekommen, möglicherweise sich die „entschiedenste Missachtung" Napoleons des Dritten zuzuziehen, und würde dann wahrscheinlich seine Theorie der „Natural selection" gar nicht veröffentlicht haben! Und ob jetzt Napoleon der Dritte durch Darwins „systematische, wirklich classische" Monographie der Cirripedien so leicht zu versöhnen wäre, wie Napoleon der Erste durch Lamarcks „Historie naturelle des animaux sans vertèbres", muss dem vergleichenden Psychologen in der That sehr zweifelhaft sein!

er selbst so grosse Resultate erzielt hatte, sondern auch den hohen Werth, welchen die Theorie überhaupt, als Ausdruck für allgemein gültige Naturgesetze, behaupten muss. Durch jenen anerkannten Sieg Cuviers (entschieden am 22. Februar 1830) wurde nicht nur das seit Linné herrschende Dogma von der Constanz der Species aufs neue befestigt, und die Umwandelungslehre in den Bann gethan, sondern es wurde zugleich die einseitig empirische Richtung der organischen Morphologie herrschend, welche in den nächsten drei Decennien allgemein für die allein berechtigte galt, und welche sich mit der Kenntniss der nackten morphologischen Thatsachen begnügte, ohne sich um die Erkenntniss der ihnen zu Grunde liegenden Ursachen und Gesetze zu bekümmern.

Unter den deutschen Naturphilosophen, welche sich unabhängig von der französischen Schule entwickelten, haben wir vor allen Goethe und Oken als entschiedene Anhänger der monistischen Naturbetrachtung und der damit verknüpften Transmutations-Theorie hervorzuheben. Mit besonderem Stolze dürfen wir Deutschen hier Wolfgang Goethe als einen der wenigen Naturforscher hervorheben, welcher sich am eifrigsten „im Stillen um die Analogieen der Geschöpfe und ihre geheimnissvollen Verwandtschaften bemüht hat", und welcher am tiefsten in das eigentliche Wesen dieser Verwandtschaft eingedrungen ist. Wir Deutschen pflegen in der Regel unseren grössten Dichter, um den uns alle Nationen beneiden müssen, nicht als Naturforscher zu betrachten, und weil er in seiner „Farbenlehre" auf einen Irrweg gerathen war, das viel tiefere Verständniss der organischen Natur gänzlich zu übersehen, welches sich in einem wahrhaft überraschenden Grade an zahlreichen Stellen von Goethe's Werken ausspricht. Wir glauben, es wird hinlänglich aus den goldenen Worten Goethe's hervorleuchten, mit denen wir den Eingang in die Bücher und Capitel dieses Werkes geziert haben. Freilich hat Goethe nicht, wie viele andere sogenannte Naturforscher, dicke Bände von Beschreibungen organischer Naturkörper hinterlassen; freilich war er nicht mit alle dem gedankenlosen systematischen und anatomischen Wuste, der unsere zoologische und botanische Literatur erfüllt, in Einzelnen vertraut; freilich hat er nicht Bücher mit Verhandlungen über die alberne Streitfrage angefüllt, ob diese oder jene Thier- oder Pflanzenform als Genus, als Species, oder als Varietät anzusehen sei. Wenn wir aber als Naturforscher nicht bloss den grossen Tross der gedankenlosen Naturbeschreiber ansehen dürfen, sondern auch die hervorragenden Männer, welche mit rastlosem und kühnem Forschungstriebe bis in die innersten Geheimnisse des Naturlebens hineingedrungen sind, welche mit tiefinnerem Verständnisse das Wesen der Erscheinungen von dem Zufälligen zu sondern verstanden, welche die unermessliche Complication der Lebens-

bewegungen in ihrer zartesten und höchsten Blüthe zu würdigen wussten, so dürfen wir gewiss mit Recht Goethe nicht nur als den grössten deutschen Dichter, sondern auch als einen der grössten Naturforscher verehren[1]). Erst in neuerer Zeit sind wir auf diese bewundernswürdige Seite des begabtesten deutschen Geistes aufmerksamer geworden, besonders seitdem Helmholtz[2]), Oscar Schmidt[3]), Lewes[4]) und Virchow[5]) „Goethe als Naturforscher" gefeiert haben. Kein anderer Mensch hat es vermocht, das tiefste Verständniss der Erscheinungen der lebendigen Natur in so vollendeter dichterischer Form auszusprechen, als dies unser Goethe so viel und so mannichfaltig gethan hat. Jene seltene Objectivität, jene klare „Gegenständlichkeit", welche einen hervortretenden Charakterzug von Goethe's Wesen bildeten, und seine herrlichen Dichtungen überall beleben, befähigten ihn zugleich in besonderem Maasse, seine geliebte „lebendige Natur" selbst in ihrem innersten Wesen zu erkennen und darzustellen.

Allein abgesehen von den vielen wundervollen Gedanken, welche Goethe über die Natur im Ganzen und insbesondere über die Natur des Lebendigen, dieses „köstlichen herrlichen Dinges" ausgesprochen hat, finden wir speciell hier doppelte Veranlassung, seine grossen Verdienste um die organische Morphologie besonders hervorzuheben. Seine Metamorphose der Pflanzen, in welcher er das Blatt als das einfache, unendlich mannichfaltig differenzirte und metamorphosirte Grundorgan der verschiedenartigsten pflanzlichen Organe nachwies und so die Entwickelungsgeschichte der Pflanzen begründete, seine Wirbeltheorie des Schädels, worin er denselben als zusammengesetzt aus mehreren typischen, eigenthümlich metamorphosirten Wirbeln erkannte, dürfen wir

---

1) Was die Deutschen leider so oft erfahren, dass ihre Verdienste eher im Auslande als daheim gewürdigt werden, hat auch Goethe als Naturforscher erfahren müssen. Geoffroy S. Hilaire in Frankreich, Richard Owen in England haben seine ausserordentlichen naturwissenschaftlichen Verdienste früher, als die deutschen Landsleute gebührend hervorgehoben. Letzterer sagt: „Durch seine Entdeckung des Zwischenknochens in der oberen Kinnlade des Menschen hat Goethe für alle derartigen Untersuchungen, welche die durchgehende Einheit der Natur erweisen, die Führung genommen, und die naturphilosophischen Anschauungen in seinen berühmten anatomischen Abhandlungen haben die werthvollen Arbeiten verwandter Geister, eines Oken, Bojanus, Meckel, Carus und anderer bedeutender Forscher auf diesem Gebiete in Deutschland hervorgerufen."

2) H. Helmholtz, „Ueber Goethe's naturwissenschaftliche Arbeiten" in der Kieler „Monatsschrift für Wissenschaft und Literatur" 1853, I, S. 383.

3) Oscar Schmidt, Goethe's Verhältniss zu den organischen Naturwissenschaften. Berlin 1853.

4) G. H. Lewes, Goethe's Leben und Schriften, aus dem Englischen übersetzt von J. Frese. Berlin 1858. (Die bei weitem beste Biographie Goethe's.)

5) Rudolf Virchow, Goethe als Naturforscher, und in besonderer Beziehung auf Schiller. Berlin 1861.

geradezu für morphologische Entdeckungen ersten Ranges erklären, welche ihm schon allein einen bleibenden Namen in unserer Wissenschaft sichern. Und wie charakteristisch ist es, dass die Kleinigkeitskrämer der Wissenschaft auch hierin den grossen Genius, der seiner Zeit so weit vorausgeeilt war, völlig verkannten, und dass erst eine viel spätere Zeit diesen grossen Entdeckungen die verdiente Anerkennung erringen musste! Dabei müssen wir noch besonders hervorheben, dass Goethe zu diesen höchst bedeutenden Entdeckungen keinesweges bloss durch glückliche Einfälle und geistvolle Combination zufällig sich darbietenden Beobachtungen gelangte, sondern auf Grund anhaltender und sorgfältiger, viele Jahre hindurch mit rastlosem Eifer fortgesetzter selbstständiger Untersuchungen [1]).

„Freudig war seit vielen Jahren
Eifrig so der Geist bestrebt,
Zu erforschen, zu erfahren,
Wie Natur im Schaffen lebt!“

Es ist bekannt, mit welchem unermüdlichen Fleisse, fast ganz auf seine eigene Kraft angewiesen, Goethe als originaler Autodidact in die verschiedensten Fächer der Naturwissenschaft eindrang, und wie er durch keine Hindernisse, durch keine Missgunst der engherzigen Fachgelehrten sich in seiner emsigen Arbeit stören liess. Weniger bekannt aber sind die herrlichen Früchte dieser Arbeit, besonders auf dem Gebiete der organischen Morphologie, und wir wollen daher hier nochmals ausdrücklich hervorheben, dass er, auch abgesehen von der Metamorphose der Pflanzen und von der Wirbeltheorie des Schädels, mehrere grosse allgemeine Gesetze entdeckte, die gegenwärtig, späteren Naturforschern zugeschrieben, als fundamentale Grundsätze der organischen Morphologie gelten, so insbesondere die Gesetze von der Arbeitstheilung und Differenzirung, von der Subordination der verschiedenen Individualitäten, von der Correlation der Theile u. s. w. (vergl.

1) Für das lebendige Interesse und die echt naturwissenschaftliche, empirisch-philosophische Methode, mit der Goethe seine anatomischen Beobachtungen anstellte, ist unter den osteologischen Entdeckungen besonders diejenige des Zwischenkiefers sehr merkwürdig. Bekanntlich bestritten die vergleichenden Anatomen zu Goethe's Zeit, dass der Mensch, gleich den übrigen Säugethieren, einen Zwischenkiefer besitze, und fanden hierin einen der wesentlichsten anatomischen Unterschiede des Menschen von den letzteren und namentlich von den Affen. Goethe wies anatomisch nach, dass dieser Unterschied nicht existire, und dass der Mensch so gut sein „Os intermaxillare“ habe, als die übrigen Säuger; und er wies dies nach gegenüber den bedeutendsten vergleichenden Anatomen seiner Zeit, welche weder seine wichtige Entdeckung anerkennen wollten, noch auch den hohen theoretischen Werth derselben begriffen. Besonders charakteristisch dabei war aber die echt philosophische Methode, mittelst welcher Goethe diese Entdeckung machte, nicht durch zufälliges Finden, sondern durch bewusstes, planmässiges Suchen, ein Muster von echter Induction und Deduction. Der Mensch „musste“ einen Zwischenkiefer haben und so fand er sich!

die citirten Schriften, besonders Lewes und Virchow). Was späterhin Cuvier und Geoffroy, Bär und Johannes Müller, Milne-Edwards und Bronn hierüber im Einzelnen gesagt und empirisch begründet haben, ist im Allgemeinen und Wesentlichen bereits lange zuvor von Wolfgang Goethe klar und kurz ausgesprochen worden (vergl. Bd. I, S. 240).

Das Wichtigste aber, was wir von Goethe als Naturforscher hier hervorheben müssen, und was unseres Erachtens noch Niemand gebührend gewürdigt hat, ist, dass wir ihn als den selbstständigen Begründer der Descendenz-Theorie in Deutschland feiern dürfen. Zwar führte er dieselbe nicht, wie Lamarck, in Form eines wissenschaftlichen Lehrgebäudes aus, und er versuchte nicht, wie Darwin, physiologische Beweise für die gemeinsame Abstammung der Organismen aufzufinden; aber die Idee derselben schwebte ihm klar und bestimmt vor; alle seine morphologischen Arbeiten waren von diesem monistischen Gedanken der ursprünglichen Einheit der Form und der Abstammung durchdrungen, und wir finden den Grundgedanken der Abstammungslehre vor Lamarck und vor dem neunzehnten Jahrhundert nirgends klarer und schärfer ausgesprochen als bei Goethe, welcher ihn (schon 1796!) für die Wirbelthiere in den oben angeführten merkwürdigen Worten aussprach: „Diess also hätten wir gewonnen, ungescheut behaupten zu dürfen, dass alle vollkommneren organischen Naturen, worunter wir Fische, Amphibien, Vögel, Säugethiere **und an der Spitze der letzten den Menschen** sehen, alle nach Einem Urbilde geformt seien, das nur in seinen sehr beständigen Theilen mehr oder weniger hin- und herweicht, **und sich noch täglich durch Fortpflanzung aus- und umbildet** [1])." Wenn je der dichterische Genius in Wahrheit auf den Flügeln der Phantasie seiner Zeit weit vorausgeeilt war, so ist es gewiss hier der Fall, wo wir Goethe mit der vollsten Klarheit und Bestimmtheit auf der Höhe einer Anschauung sehen, die eben so wohl zu den wichtigsten Errungenschaften des menschlichen Forschungsgeistes gehört, als sie noch weit entfernt ist, die allgemeine Anerkennung einer fundamentalen Wahrheit gefunden zu haben.

Als der bedeutendste der deutschen Naturphilosophen wird gewöhnlich nicht Goethe, sondern Lorenz Oken angesehen, welcher allerdings nicht nur an speciellen Kenntnissen auf dem ganzen Gebiete der Naturwissenschaft ersterem weit überlegen war, sondern auch durch den Ausbau eines speciell durchgeführten naturphilosophischen Systems sich eine weit allgemeinere Geltung als Naturforscher erwarb. Verglei-

1) Goethe, Vorträge über die drei ersten Capitel des Entwurfs einer allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie, ausgehend von der Osteologie (1796).

chen wir jedoch seine Arbeiten mit denen von Goethe, so finden wir bei dem letzteren nicht nur tieferes Verständniss der organischen Natur, und insbesondere der Morphologie der Organismen, sondern auch grössere Vorsicht und Umsicht in der Aufstellung allgemeiner Gesetze, und selbst eine schärfere und klarere Beurtheilung der Einzelheiten in den organischen Formverhältnissen. Oken verlor sich, bei allen seinen Verdiensten, doch nur allzuleicht und allzutief in unbestimmten und mystischen naturphilosophischen Träumereien, und brachte noch dazu diese phantastischen Einbildungen in einer so dunkeln orakelhaften Weise vor, oft so leichtfertig die empirische Basis verlassend, dass die bald emporkommende exact-empirische Schule Cuvier's sich gar nicht mehr um ihn bekümmerte. Um aber doch gerecht zu sein, müssen wir hervorheben, dass manche Grundgedanken Oken's vollkommen richtig waren und selbst seiner Zeit weit vorauseilten. Dem Urschleim, welchen Oken als das allgemeine active Substrat der Lebenserscheinungen in den Organismen erkannte, schrieb er, als dem allgemeinen activen Träger der Lebensbewegungen, wesentlich dieselben Eigenschaften zu, die wir heutzutage vom Protoplasma oder Plasma kennen. Ferner sprach Oken mit Bestimmtheit aus, dass alle Organismen aus sehr kleinen, mikroskopischen, aus solchem Urschleim bestehenden Bläschen zusammengesetzt seien, welche er Mile oder Infusorien nannte, und denen er wesentlich alle dieselben Eigenschaften zutheilte, die wir heute den Zellen vindiciren. Die ersten Organismen sollten als solche einfache Urschleim-Bläschen frei im Meere durch Urzeugung entstanden sein, und aus diesen sich durch Fortpflanzung, Synthese und Metamorphose alle höheren Organismen allmählich entwickelt haben. Kein Organismus sollte selbstständig erschaffen, alle allmählich entwickelt sein. Wie man hieraus sieht, sprach Oken sowohl die Grundzüge der Zellen-Theorie, als auch der Transmutations-Lehre deutlich schon zu einer Zeit aus, wo jene noch gar nicht vorhanden, und diese noch nicht in Geltung war [1]).

Die Niederlage, welche Cuvier in seinem Kampfe mit Geoffroy 1830 öffentlich der Naturphilosophie und speciell der Descendenz-Theorie bereitet hatte, war scheinbar so gründlich und wurde so allgemein anerkannt, dass in der nun folgenden Periode, beinahe volle drei Decennien hindurch, von einer Umwandlung der Species, ja überhaupt von einer Entstehung derselben, fast nirgends mehr die Rede war. Diese Frage galt für ein unauflösliches Problem, dessen Lösung jenseits der Grenzen der Naturwissenschaft liege. Um eine Theorie zu vermeiden, welche noch nicht hinlänglich bewiesen und begründet erschien, um

1) Diese Bemerkung gilt besonders von einigen früheren Arbeiten Oken's, in denen sich zum Theil sehr treffende Bemerkungen und Belege für die Entwickelungs-Theorie finden. Späterhin verlor er sich immer mehr in phantastischen Träumereien.

als allgemeine Basis der Biologie zu dienen, warf man sich einem Dogma in die Arme, dessen einzige Stärke in seiner Unbegreiflichkeit und seiner Unvereinbarkeit mit allen allgemeinen Entwickelungserscheinungen der Natur bestand. Dieses Dogma von der Constanz und absoluten Selbstständigkeit der Species, welches nunmehr zur Basis der organischen Morphologie erhoben wurde, konnte natürlich Nichts erklären, sondern musste bei jedem Erklärungsversuche auf lauter Widersprüche und übernatürliche Eingriffe in den gesetzlichen Gang der Natur, auf „Wunder" stossen. Und diese metaphysischen Vorstellungen wurden um so beliebter und mächtiger, als man dadurch jeder Anstrengung des Nachdenkens über die Ursachen überhoben wurde, und als eine Menge äusserlicher, egoistischer Motive diese Vorstellungen kräftigst unterstützten. So kam es, das man sich in der organischen Morphologie allmählich daran gewöhnte, auf eine natürliche Erklärung ihrer Erscheinungen überhaupt zu verzichten, und die blosse Beschreibung derselben als Wissenschaft anzusehen. So entstand zugleich die sich rasch erweiternde Kluft zwischen der Physiologie und der Morphologie der Organismen. Während die Physiologie, in richtiger Erkenntniss ihres Zieles und der dahin führenden Methoden, sich immer ausschliesslicher einer monistischen, d. h. absolut mechanischen und wirklich causalen Beobachtung der Lebensvorgänge zuwandte, entfernte sich die Morphologie in gleichem Grade immer entschiedener von derselben, und warf sich einer dualistischen, d. h. durchaus vitalistischen und wirklich teleologischen Betrachtung in die Arme. So entstand das gedankenlos zusammengehäufte Chaos von zahllosen unzusammenhängenden Einzel-Beobachtungen, welches gegenwärtig die Morphologie der Organismen repräsentirt.

So entschieden wir nun auch die dogmatische Einseitigkeit der seit 1830 als Alleinherrscherin anerkannten „exact-empirischen" Richtung der organischen Morphologie und ihres gänzlich unwissenschaftlichen Grundgedankens von einer selbstständigen Erschaffung aller einzelnen „Species" verurtheilen müssen, so sind wir doch weit entfernt davon, den hohen Werth zu unterschätzen, den die massenhafte Anhäufung des empirischen Rohmaterials zu dieser Zeit besass. Indem sich auf allen Gebieten der botanischen und zoologischen Morphologie, in der Histologie und Organologie, in der Embryologie und Palaeontologie, Beobachtung auf Beobachtung, Entdeckung auf Entdeckung thürmte, indem alle diese riesigen Massen von empirisch festgestellten Thatsachen ohne Ordnung und bunt durch einander gewürfelt sich häuften, wurde das Bedürfniss nach einer lichtvollen Ordnung und einer denkenden Verbindung derselben immer dringender, der stille oder ausgesprochene Wunsch nach der Auffindung leitender Gesetze in diesem Chaos immer allgemeiner. So bereitete sich, gerade durch die emsige Thätigkeit

der rein empirischen Morphologie, immer schneller die Zeit vor, in welcher eine philosophische Reform derselben, eine Erlösung von dem fesselnden Wuste der todten Thatsachen durch den befreienden Gedanken der lebendigen Ursachen, nothwendig eintreten musste. Diese Erlösung konnte nur erfolgen durch eine Wiederbelebung und Neubegründung der Descendenz-Theorie, und der Held, an dessen Namen sich diese Reformation in erster Linie knüpft, ist Charles Darwin.

„Ueber die Entstehung der Arten im Thier- und Pflanzenreich durch natürliche Züchtung oder Erhaltung der vervollkommneten Rassen im Kampfe ums Dasein" lautet der Titel des grossartigen Werkes, durch welches Charles Darwin[1]) 1859 eine neue Periode zunächst der gesammten Morphologie und Physiologie, dadurch aber zugleich der Anthropologie und der gesammten menschlichen Wissenschaft überhaupt begründete. Indem wir nun in eine nähere Betrachtung von Darwin's Lehre eintreten, können wir nicht umhin zunächst der ausserordentlichen Bewunderung und der hohen Verehrung Ausdruck zu geben, mit welcher uns die Geistesthätigkeit dieses grossen Naturforschers erfüllt hat. Wenn man aufmerksam und nachdenkend Darwin's Buch liest und wieder liest, steigert sich die Verehrung des ausserordentlichen Mannes in immer höherem Grade, und man weiss wirklich nicht, was man mehr bewundern soll, die Fülle und Allseitigkeit seiner empirischen Kenntnisse, oder die Reinheit und Folgerichtigkeit seines philosophischen Verständnisses, den sittlichen Muth seiner tiefen Ueberzeugung, oder die ungeheuchelte Bescheidenheit, mit welcher er dieselbe ausspricht, die Innigkeit und Tiefe seiner Naturbeobachtung im Kleinen und Einzelnen, oder die Macht und Grösse seiner Naturanschauung im Grossen und Ganzen.

---

1) Charles Darwin, geboren 1808, wurde zu einer umfassenden und grossartigen Naturbetrachtung zunächst hingeleitet durch eine Erdumsegelung, welche er als Naturforscher an Bord des „Beagle" in den Jahren 1832—1837 ausführte, und auf welcher er namentlich in Südamerika zahlreiche und verschiedenartige Eindrücke sammelte, die ihn auf die Erforschung des Problems von der Entstehung der Arten hinleiteten. Seit seiner Rückkehr war er mehr als zwanzig Jahre lang im Stillen eifrigst beschäftigt, möglichst umfangreiche Mengen von Thatsachen zu sammeln, welche ihn zur Lösung jenes Problems hinführen könnten. Insbesondere beschäftigte er sich angelegentlich mit den höchst lehrreichen, von den Naturforschern meist ganz vernachlässigten, Veränderungen, welche die „Rassen" und „Arten" der Hausthiere und Culturpflanzen unter unseren Augen in verhältnissmässig kurzer Zeit eingehen. Indem er das causale Wesen und den mechanischen Verlauf der Entstehung neuer Formen, die unsere künstliche Züchtung unter unseren Augen bewirkt, auf das gegenseitige Wechselverhältniss der Organismen im wilden Naturzustande übertrug, und in der geistvollsten Weise mit dem „Kampfe um das Dasein" zusammenwirken liess, entdeckte er die „natürliche Zuchtwahl", welche die Basis der ihm eigenthümlichen Selections-Theorie ist. Mit weiterer Ausarbeitung derselben beschäftigt lebt Darwin gegenwärtig, leider sehr kränkelnd, auf seinem Gute Down-Bromley in Kent.

Durch eine seltene Vereinigung dieser seltenen menschlichen Eigenschaften steht Darwin unendlich erhaben über der Mehrzahl seiner Gegner da, deren beschränkter Horizont gewöhnlich nicht ausreicht, um auch nur das von ihm entworfene einheitliche Gesammtbild der organischen Natur als Ganzes übersehen zu können.

Darwin's epochemachendes Buch ist übrigens nur ein kurzer und in Eile vollendeter Auszug aus den umfangreichen Vorarbeiten, mit denen derselbe seit mehreren Decennien behufs der Herausgabe eines grösseren und mit den umfassendsten Beweismitteln ausgerüsteten Werkes über denselben Gegenstand beschäftigt ist. Von den berühmten englischen Naturforschern Lyell und Hooker, welche seine hierauf bezüglichen Untersuchungen seit vielen Jahren kennen, wiederholt vergeblich zur vorläufigen Veröffentlichung seiner Theorie gedrängt, wurde Darwin endlich hierzu vermocht, als 1858 ein anderer englischer Naturforscher, Alfred Wallace, ihm ein Manuscript zusendete, welches denselben Gegenstand in nahezu gleicher Weise behandelte. Wallace, welcher seit vielen Jahren die Thierwelt des ostindischen Archipelagus an Ort und Stelle, und mit besonderer Beachtung ihrer geographischen und systematischen Verhältnisse studirt hatte, war dadurch, ganz unabhängig von Darwin, zu denselben Grundideen, wie der letztere, gelangt, und namentlich auch zu der Annahme, dass die Entstehung neuer Species durch unbegrenzte und divergente Abänderung der vorhandenen, von einem „natürlichen Auswahl-Process“ (Natural Selection) geleitet werde. Dieser folgt mit Nothwendigkeit aus der natürlichen Neigung aller Organismen, sich in geometrischer Progression zu vermehren, während ihre nothwendigen Existenz-Bedingungen (und besonders die unentbehrlichen Nahrungsmittel) nur in arithmetischer Progression wachsen. Es wird dadurch ein „Kampf um das Dasein“ bedingt, welcher „züchtend“ neue Species hervorbringt. Dieser Grundgedanke, welcher eine Uebertragung der Uebervölkerungs-Lehre von Malthus auf das gesammte Thier- und Pflanzenreich ist, wurde sowohl von Wallace als von Darwin, unabhängig von einander entwickelt, wie aus den beiden ersten hierauf bezüglichen Mittheilungen der beiden englischen Naturforscher zu ersehen ist, die gleichzeitig 1858 in den Schriften der Linné'schen Gesellschaft veröffentlicht wurden [1]). 1859 erschien dann das berühmte Buch von Darwin, welches nicht nur jenen Grundgedanken ausführlich begründet, sondern auch die gesammte Abstammungslehre in einem bisher ungeahnten Glanze unter Benutzung aller biologischen Argumente entwickelt.

1) Alfred Wallace: über die Neigung der Spielarten, sich unbegränzt von ihrem ursprünglichen Vorbild zu entfernen; und Charles Darwin: über die Neigung der Arten, Spielarten zu bilden, und über die Fortdauer der Arten und Spielarten durch die natürlichen Mittel der Auswahl. Journal of the Linnean Society. August 1858.

Nach unserer Ansicht hat Charles Darwin als Reformator der Transmutations-Theorie zwei grosse und wesentlich verschiedene Verdienste. Erstens hat er die Abstammungslehre in einer weit strengeren und eingehenderen Weise, als seine Vorgänger durchgeführt, und hat dazu das inzwischen massenhaft angehäufte Material aus allen Gebieten der Biologie in der umfassendsten Weise benutzt; und zweitens hat er durch die Aufstellung der Selections-Theorie der Umwandlungslehre einen causalen Beweisgrund geliefert, gegen welchen alle vorher noch möglichen Zweifel verstummen müssen. Was zunächst das erste Verdienst betrifft, so würde es allein schon genügen, Darwin als wirklichen Reformator der Abstammungslehre unsterblich zu machen. Mit bewunderungswürdigem Ueberblick des organischen Naturganzen und allseitiger Kenntniss aller einzelnen Gebietstheile desselben, hat derselbe die verschiedenartigen Thatsachen-Reihen zusammengestellt, welche Systematik und Verwandtschaftslehre, Anatomie und Entwickelungsgeschichte, Geologie und Palaeontologie, Physiologie der Zeugung und der geographischen Verbreitung uns liefern, und aus deren genereller Vergleichung allein schon die Descendenz-Theorie mit unabweisbarer Nothwendigkeit folgen muss. Von der Morphologie, und zwar sowohl von der Anatomie, als von der Morphogenie zeigt Darwin[1]), dass alle ihre allgemeinen Resultate mit den Gesetzen der Descendenz-Theorie im vollsten Einklange stehen, und dass die letztere allein im Stande ist, alle allgemeinen Gesetze der Systematik (Classification) und der vergleichenden Anatomie, und ebenso diejenigen der Ontogenie (Embryologie) und Phylogenie (Palaeontologie) wirklich zu erklären. Dasselbe gilt von der Physiologie, deren gesammte Conservations- und Relations-Phaenomene (Bd. I, S. 238) mit der Descendenz-Theorie vollkommen übereinstimmen. Unter den Functionen der Relation sind dafür besonders wichtig die bisher so wenig berücksichtigten, vielfältigen Beziehungen der Thiere und Pflanzen zu einander und zu den umgebenden Existenzbedingungen,

1) Wenn wir die biologischen Erscheinungsreihen, welche in Darwin's Werk bezüglich ihrer Bedeutung für die Transmutations-Theorie erläutert und zusammengefasst werden, und welche in verschiedenen Capiteln des Werkes in etwas lockerer Form geordnet auftreten, von strengerem biologischen Gesichtspunkt aus ordnen, so würden sich dieselben etwa folgendermaassen auf die verschiedenen Capitel (die wir durch die eingeklammerten römischen Ziffern bezeichnen) vertheilen. **A. Morphologie** (IX, X, XIII). a) Anatomie (XIII); b) Morphogenie: 1) Ontogenie (XIII), 2) Phylogenie (IX, X). **B. Physiologie.** a) Physiologie der Nutrition (Ernährungs-Functionen) (I, II, V); b) Physiologie der Generation (Fortpflanzungs-Functionen) (IV, VI, VIII); c) Physiologie der Relation (Beziehungs-Functionen) (III, VII, XI, XII). Im XIV. Capitel giebt Darwin eine allgemeine Wiederholung und Zusammenfassung seiner Lehre, und im XV. Capitel begleitet der Uebersetzer des Werkes, der treffliche, der Wissenschaft zu früh entrissene Bronn (einer der wenigen denkenden Morphologen) das Werk mit einem empfehlenden Nachwort.

wodurch die Anpassungen im Kampfe um das Dasein und die äusserst verwickelten Erscheinungen der geographischen Verbreitung bedingt werden. Auch diese lassen sich lediglich aus der Descendenz-Theorie erklären und begreifen, wie es Darwin schlagend nachweist. Das grösste Gewicht legte derselbe jedoch unter allen physiologischen Erscheinungsreihen auf die Abänderungen durch Anpassung und auf die Fortpflanzungs-Functionen, welche sowohl in den Erscheinungen der Bastardbildung, als ganz besonders der Vererbung uns eine Reihe von Thatsachen lehren, die eben so von der grössten Wichtigkeit, als bisher fast ganz vernachlässigt sind. Indem Darwin diese Erscheinungen, auf denen die künstliche Züchtung beruht, in der geistvollsten Weise mit den complicirten Verhältnissen der Wechselbeziehung der Organismen, und besonders des Kampfes um das Dasein combinirt, gelangt er zur Aufstellung der auch von Wallace in ähnlichem Sinne ausgedachten Selections-Theorie, deren ausführliche und auf breitester morphologischer und physiologischer Basis ausgeführte Begründung wir als das zweite grosse Verdienst von Darwin und als sein besonderes Eigenthum hier einer eingehenden Betrachtung zu unterwerfen haben.

III. Die Selections-Theorie. (Der Darwinismus.)

Die Lehre von der natürlichen Züchtung („Natural Selection") der Organismen oder von der „Erhaltung der vervollkommneten Rassen im Kampfe um das Dasein", welche wir im Folgenden immer kurz als die Zuchtwahl-Lehre oder Selections-Theorie bezeichnen werden, ist von Charles Darwin zuerst aufgestellt und in so vollkommener Weise als die eigentlich causale oder mechanische Basis der gesammten Transmutations-Theorie nachgewiesen worden, dass die letztere erst durch die erstere als eine vollberechtigte und vollkommen sicher gestellte Theorie ersten Ranges ihren unvergänglichen Platz an der Spitze der biologischen Wissenschaften erhalten hat. Diese Selections-Theorie ist es, welche man mit vollem Rechte, ihrem alleinigen Urheber zu Ehren, als Darwinismus bezeichnen kann, während es nicht richtig ist, mit diesem Namen, wie es neuerdings häufig geschieht, die gesammte Descendenz-Theorie zu belegen, die bereits von Lamarck als eine wissenschaftlich formulirte Theorie in die Biologie eingeführt worden ist, und die man daher entsprechend als Lamarckismus bezeichnen könnte[1]). Die Descendenz-Theorie fasst die gesammten allgemeinen (morphologischen und physiolo-

[1]) Die entgegengesetzte dogmatische Lehre von der absoluten Constanz und der selbstständigen Erschaffung der Species, kann eben so nach Cuvier, ihrem hervorragendsten Vertheidiger, Cuvierismus genannt werden.

gischen) Erscheinungsreihen der organischen Natur in ein einziges grosses harmonisches Bild zusammen, und zeigt, wie sich uns alle Züge desselben aus einem einzigen physiologischen Natur-Processe, aus der Transmutation der Species, harmonisch und vollständig erklären. Die Selections-Theorie zeigt uns dagegen, wie dieser Process der Species-Transmutation vor sich geht, und warum derselbe nothwendig gerade so vor sich gehen muss, wie es thatsächlich geschieht; sie erklärt diesen physiologischen Process selbst, indem sie uns seine mechanischen Ursachen, die Causae efficientes, kennen lehrt. Wenn daher Lamarck immer das Verdienst bleiben wird, die Abstammungslehre zuerst in die Wissenschaft als selbstständige Theorie eingeführt zu haben, so wird dagegen Darwin das nicht geringere Verdienst behalten, dieselbe nicht allein, entsprechend dem wissenschaftlichen Fortschritt eines halben Jahrhunderts, vielseitiger und umfassender ausgebildet, sondern das grössere und ebenso unsterbliche Verdienst, ihr durch die Aufstellung der Zuchtwahl-Lehre erst die causale, d. h. die unerschütterliche mechanische Basis gegeben zu haben[1]).

Der Grundgedanke von Darwin's Selections-Theorie liegt in der Wechselwirkung zweier physiologischer Functionen, welche allen Organismen eigenthümlich sind, und welche wir, ebenso wie die Ernährung und Fortpflanzung, mit denen sie unmittelbar zusammenhängen, als allgemeine organische Functionen bezeichnen können.

---

1) Wir heben hier absichtlich diese wesentliche Verschiedenheit der Verdienste von Lamarck und Darwin scharf hervor, weil der kleinliche Neid bald Lamarck und bald Darwin, am liebsten aber allen Beiden, das Verdienst der Aufstellung und Begründung der Descendenz-Theorie entreissen möchte. Aus mancherlei der Theorie günstigen Aeusserungen, welche in neuerer Zeit laut geworden sind, blickt nicht selten ein theils persönlicher, theils nationaler Egoismus hervor, welcher jenes Verdienst Anderen zuwenden möchte. Einige Franzosen haben hervorgehoben, dass ja Lamarck und Geoffroy schon ganz dasselbe, wie Darwin, gesagt hätten, und dass des letzteren Arbeit nur ein schwacher Abklatsch von jenen der ersteren sei. Diesen ist einfach zu entgegnen, dass sie Darwin's Werk gar nicht verstanden und die Selections-Theorie gar nicht begriffen haben. Einige Deutsche haben gleicher Weise behauptet, dass schon mehr als ein hervorragender deutscher Naturforscher die Descendenz-Theorie ausgesprochen habe, und dass diesen die Priorität vor Darwin gebühre. Auch dies ist nicht richtig. Dass der Grundgedanke der Descendenz-Theorie ein alter ist, und dass er sich schon vielen denkenden Naturforschern früherer Zeiten mehr oder minder bestimmt aufdrängen musste, haben wir oben gezeigt, ebenso, dass von den neueren deutschen Naturforschern mehrere Coryphaeen, namentlich Bär und Schleiden, denselben betont haben. Keiner von ihnen aber hat ihn als selbstständige Theorie ausgebildet, wie dies von Lamarck und Darwin geschehen ist. Auch die merkwürdigen Aussprüche von Goethe, die allein neben letzteren genannt werden können, entbehren der ausführlichen Begründung. Was aber zweitens die Selections-Theorie betrifft, so ist deren Aufstellung und wissenschaftliche Durchführung Darwin's eigenthümliches Verdienst, und nur Wallace könnte auf Theilnahme an demselben Anspruch erheben.

Es sind dies die beiden äusserst wichtigen Leistungen der Vererbung und der Anpassung, welche nach unserer Ansicht wesentlich den beiden formbildenden Elementen entsprechen, die wir oben im zweiten Buche als inneren und äusseren Bildungstrieb einander gegenübergestellt haben. (Vergl. Bd. I, S. 154.) Die Erblichkeit oder der innere Bildungstrieb (die innere Gestaltungskraft) äussert sich darin, dass jeder Organismus bei der Fortpflanzung seines Gleichen erzeugt, oder, genauer ausgedrückt, einen ihm (nicht gleichen, sondern) ähnlichen Organismus. Die Anpassungsfähigkeit oder der äussere Bildungstrieb dagegen (die äussere Gestaltungskraft) äussert sich darin, dass jeder Organismus durch Wechselwirkung mit seiner Umgebung einen Theil seiner ererbten Eigenschaften aufgiebt und dafür neue Eigenschaften annimmt, so dass er mithin dem Organismus, der ihn erzeugte, niemals absolut gleich, sondern nur ähnlich ist. Aus der allgemein stattfindenden Wechselwirkung dieser beiden gestaltenden Principien geht die ganze Mannigfaltigkeit der Organismenwelt hervor. Wäre die Erblichkeit eine absolute, so würden alle Organismen eines jeden Stammes einander gleich sein; wäre umgekehrt die Anpassung eine absolute, so würden alle Organismen völlig verschieden sein. Der factisch vorhandene Grad der Wechselwirkung zwischen beiden Bildungskräften bedingt den factisch vorhandenen Grad der Aehnlichkeit und Verschiedenheit zwischen allen Lebewesen. Alle Charactere der Organismen (und zwar sowohl chemische, als morphologische, als physiologische Eigenschaften) sind entweder durch Vererbung, oder durch Anpassung erworben; ein drittes formbildendes Element neben diesen beiden existirt nicht (vergl. Buch II, Capitel V).

Die nächste Folge der Wechselwirkung zwischen der Vererbung und der Anpassung, und insbesondere der Vererbung der durch Anpassung erworbenen Abänderungen, ist die dadurch bewirkte Divergenz ihres Charakters oder die Differenzirung. Indem die Organismen auf ihre Nachkommen durch Vererbung nicht allein die von ihnen ererbten, sondern auch die von ihnen durch Anpassung erst erworbenen Eigenschaften (Abänderungen) übertragen, gehen ihre Nachkommen aus einander, divergiren, und indem diese Divergenz wegen der unbegrenzten Abänderungsfähigkeit oder Variabilität in einem gewissen Sinne keine Schranken hat, indem vielmehr der Organismus stets anpassungsfähig, also variabel bleibt, so können im Laufe zahlreicher Generationen aus einer und derselben ursprünglichen Stammform gänzlich verschiedene Nachkommen hervorgehen. Aus einer und derselben Art entstehen durch Anpassung an sehr verschiedene Lebensbedingungen im Laufe von Generationen sehr verschiedene Arten. Je mehr die Erblichkeit in der Generationsfolge überwiegt, desto con-

stanter ist die Art und desto längere Zeit erhält sie sich; je mehr die Anpassung überwiegt, desto variabler ist die Art und desto rascher entstehen aus ihr neue Arten.

Die ganze unendliche Mannichfaltigkeit der organischen Formen wird also in letzter Instanz lediglich durch die Wechselwirkung dieser beiden physiologischen Functionen, der Anpassung und der Vererbung hervorgebracht. Sehr wichtig sind aber weiter die besonderen Verhältnisse, unter denen diese Wechselwirkung überall stattfindet, und von denen sie in hohem Maasse begünstigt wird. Die Summe dieser Verhältnisse nennt Darwin mit einem metaphorischen Ausdruck den „Kampf ums Dasein". Indem nämlich jeder Organismus den auf ihn einwirkenden äusseren Umständen entgegenwirkt, kämpft er mit denselben. Da nun alle Individuen einer Organismenart nicht absolut gleich, sondern bloss ähnlich sind, so verhalten sie sich den gleichen äusseren Einflüssen gegenüber verschieden. Ausser diesem Kampfe mit den Anpassungs-Bedingungen findet aber ferner auch überall ein Wettkampf zwischen den zusammenlebenden Organismen statt. Da nämlich alle Organismen eine weit zahlreichere Nachkommenschaft produciren, als sich zu erhalten im Stande ist, so werden von derselben diejenigen sich am leichtesten und besten erhalten, welche sich am leichtesten und besten den umgebenden Existenz-Bedingungen, dem äusseren Bildungstriebe anpassen. Es sterben daher die am wenigsten angepassten Individuen frühzeitig aus, ohne sich fortpflanzen zu können, während die am besten angepassten Individuen erhalten bleiben und sich fortpflanzen. Die ersteren werden von den letzteren in dem unvermeidlichen Wettkampfe um die Erlangung der unentbehrlichen, aber nicht für Alle ausreichenden Existenz-Bedingungen besiegt. Es kommt hier die oben erwähnte Populations-Theorie von Malthus zur Anwendung. Diesen Sieg der befähigteren und besser angepassten Organismen im Kampfe um das Dasein nennt Darwin „Natural selection" oder natürliche Zuchtwahl (natürliche Züchtung oder Auslese), weil der Kampf um das Dasein hier dieselbe auslesende, auswählende (züchtende) Wirkung auf viele ungleiche Individuen einer und derselben Art ausübt, welche bei der „künstlichen Züchtung" die absichtliche, zweckmässige Auswahl des Menschen übt.

Die natürliche Selection wählt also im Kampfe um das Dasein diejenigen Individuen zur Fortpflanzung aus, welche sich am besten den Existenz-Bedingungen anpassen können, und da in den meisten Fällen diese Individuen die besseren, die vollkommneren sind, so ist im Allgemeinen (einzelne besondere Fälle ausgenommen!) damit zugleich eine zwar langsame, aber beständig wirkende Vervollkommnung, ein Fortschritt in der Organisation nothwendig verbunden. Da ferner der Kampf um das Dasein zwischen den zusammenlebenden In-

dividuen einer und derselben Art um so heftiger (also auch um so gefährlicher) sein muss, je mehr sie sich gleichen, um so weniger heftig, je mehr sie von einander abweichen, so werden die am stärksten divergirenden oder von einander abweichenden Individuen am meisten Aussicht haben, neben einander fortzuexistiren und sich fortzupflanzen, und dadurch besonders wird allgemein die oben hervorgehobene Divergenz des Charakters begünstigt, welche uns die allgemeine Neigung der Organismen erklärt, immer mehr abzuändern, und immer mehr neue und mannichfaltige Arten zu bilden. Aus der unendlich verwickelten Wechselwirkung dieser inneren und äusseren formbildenden Verhältnisse, und aus den nothwendigen Folgerungen, welche sich unmittelbar daraus ableiten lassen, erklärt sich die ganze Mannichfaltigkeit der organischen Natur, welche uns umgiebt. Um dieses äusserst wichtige Verhältniss zu würdigen, müssen wir zunächst die beiden entgegenwirkenden Functionen der Vererbung und der Anpassung einer eingehenderen physiologischen Betrachtung unterwerfen, als es bisher geschehen ist.

IV. Erblichkeit und Vererbung.

(Atavismus, Hereditas.)

IV, A. Thatsache und Ursache der Vererbung.

Die Erblichkeit (Atavismus) als virtuelle Kraft, und die Vererbung (Hereditas) als actuelle Leistung der organischen Individuen, sind allgemeine physiologische Functionen der Organismen, welche mit der fundamentalen Function der Fortpflanzung unmittelbar zusammenhängen, und eigentlich nur eine Theilerscheinung der letzteren darstellen. Sie äussern sich in der Thatsache, dass jeder Organismus, wenn er sich fortpflanzt, Nachkommen erzeugt, welche entweder ihm selbst ähnlich sind, oder deren Nachkommen doch wenigstens (nach Dazwischentreten einer oder mehrerer Generationen) ihm ähnlich werden. Diese Erscheinung ist eine so allgemeine, und alltäglich zu beobachtende, dass sie, eben wegen dieser Allgemeinheit, als etwas Selbstverständiches gilt. Die wichtigen biologischen Schlüsse aber, welche aus dieser Thatsache hervorgehen, werden von der gewöhnlichen oberflächlichen Naturbetrachtung entweder übersehen oder doch nicht in ihrer vollen Bedeutung für die Charakterbildung der Organismen erkannt. Gewöhnlich werden nur auffallende Abweichungen von der Erblichkeit besonders hervorgehoben. Denn man findet es allgemein ganz „natürlich", dass das Kind Eigenschaften seiner Eltern theilt („erbt"), und dass der Baum dem elterlichen Stamme ähnlich ist, von dem er als Same oder als Knospe entnommen wurde. „Der

Apfel fällt nicht weit vom Stamm.“ Der allgemeinste Ausdruck für das Grundgesetz der Erblichkeit dürfte in den Worten liegen: „Aehnliches erzeugt Aehnliches“, oder genauer: „Jedes organische Individuum erzeugt bei der Fortpflanzung direct oder indirect ein ihm ähnliches Individuum.“

Die Ursachen der Erblichkeit sind ebenso wie die Gesetze ihrer vielfachen Modificationen, bisher noch äusserst wenig untersucht worden. Sie hängen aber offenbar direct mit den Gesetzen der Fortpflanzung des Organismus zusammen und bestehen wesentlich in einer unmittelbaren Uebertragung von materiellen Theilen des elterlichen Organismus auf den kindlichen Organismus, die mit jeder Fortpflanzung nothwendig verbunden ist. Alle, auch die verschiedenartigsten und scheinbar von den Fortpflanzungs-Erscheinungen unabhängigsten Vererbungs-Erscheinungen sind physiologische Functionen, welche sich in letzter Instanz auf die Fortpflanzungs-Thätigkeit des Organismus zurückführen lassen. Die Erblichkeit ist also keinesweges eine besondere organische Function. Vielmehr ist in allen Modificationen derselben das wesentliche causale Fundament die materielle Continuität vom elterlichen und kindlichen Organismus. „Das Kind ist Fleisch und Bein der Eltern.“ Lediglich die partielle Identität der specifisch-constituirten Materie im elterlichen und im kindlichen Organismus, die Theilung dieser Materie bei der Fortpflanzung, ist die Ursache der Erblichkeit.

Wir haben im dritten Abschnitt des fünften Capitels gezeigt, dass die individuelle Form jedes Naturkörpers das Product aus der Wechselwirkung von zwei entgegesetzten Factoren, einem äusseren und einem inneren Bildungstriebe ist. Bei allen organischen Individuen, welche nicht durch spontane, sondern durch parentale Generation entstehen, ist der innere Bildungstrieb oder die innere Gestaltungskraft (Vis plastica interna) identisch mit der Erblichkeit (Bd. I, S. 155).

IV, B. Vererbung und Fortpflanzung.

Die Fortpflanzung (Propagatio) ist eine physiologische Function der Organismen, welche unmittelbar mit den allgemeinen organischen Functionen der Ernährung und des Wachsthums zusammenhängt, wie bereits im fünften und im siebzehnten Capitel ausgeführt wurde. Wir konnten dies allgemein mit den Worten ausdrücken: die Fortpflanzung ist ein Wachsthum des Organismus über das individuelle Maass hinaus. Die Wachsthumserscheinungen der Organismen und die Eigenthümlicheiten, welche dasselbe von dem Wachsthum der Anorgane unterscheiden, haben wir dort bereits in Betracht gezogen. Insbesondere fanden wir dabei von hoher Wichtigkeit die verwickelte atomistische Zusammensetzung der activen lebendigen Ma-

terien, der Kohlenstoff-Verbindungen, und namentlich der Eiweissstoffe, aus denen der lebendige Plastiden-Körper besteht; ferner ihre Imbibitionsfähigkeit, den festflüssigen Aggregatzustand, als Eigenschaften, welche die eigenthümliche Art des Wachsthums der Organismen durch „Intussusception“ bedingen. Um diesen Vorgang des Wachsthums und die daraus erfolgende Function der Fortpflanzung richtig zu verstehen, ist es besonders vortheilhaft, die einfachsten aller Organismen ins Auge zu fassen, die Moneren *(Protogenes etc.* Bd. I, S. 133, 135), deren ganzer Körper einen einzigen einfachen, formlosen und durch und durch structurlosen Plasmaklumpen darstellt, ein Stück Eiweiss, welches sich durch Imbibition ernährt (assimilirt), wächst und durch Theilung fortpflanzt. Ein solches Moner theilt sich, sobald sein Wachsthum, die Aufnahme neuer Moleküle in das Innere des lebendigen Eiweissklumpens, denjenigen Grad übersteigt, welcher eine Cohäsion der Moleküle zu einer einzigen individuellen Plastide gestattet. So lange dieser Grad des Wachsthums, dieses Maass der Grössenzunahme nicht überschritten ist, vermögen sich die Plasma-Moleküle zu einem einzigen Klumpen zusammengeballt zu erhalten, indem (vielleicht in Folge ungleichen Wassergehalts in verschiedenen peripherischen Schichten des Moneres) eine bestimmte Gruppe (von vielleicht dichter beisammenstehenden Molekülen) die übrigen durch Attraction zusammenhält. Sobald aber dieses Maass der individuellen Grösse erreicht ist, und nun durch fortdauernde Aufnahme neuer Moleküle überschritten wird, so bilden sich statt des einen vorhandenen zwei oder mehrere neue Centralheerde von dichter beisammenstehenden Molekülen, welche nun in der Weise als Attractionscentren auf die übrigen Moleküle einwirken, dass der ganze Plasmakörper in zwei oder mehrere selbstständige Individuen zerfällt.

Wir heben diese einfachste Form der Fortpflanzung, durch Selbsttheilung, hier deshalb nochmals ausdrücklich hervor, weil dieselbe uns in der einfachsten und klarsten Weise die Thatsache der Vererbung als eine nothwendige Theilerscheinung der Fortpflanzung erklärt. Denn es müssen natürlich die Theilproducte, welche aus jenem einfachen Spaltungsprocess hervorgehen, die Eigenschaften des Ganzen, zu welchem sie sich alsbald wieder durch Reproduction ergänzen, „erblich“ beibehalten. Wir finden unter den Protisten (Protoplasten, Rhizopoden, Diatomeen, Flagellaten etc.) zahlreiche „Species“, welche entweder *(Protamoeba, Protogenes)* zeitlebens auf dem einfachen Zustande eines Moneres verharren oder doch höchstens den morphologischen Werth einer einfachen Plastide (bald Cytode, bald Zelle) erhalten, und welche als solche einfache (monoplastide) Organismen sich fortpflanzen. Hier finden wir es ohne Weiteres ganz natürlich, dass das Theilungsproduct, welches z. B. durch Halbirung entstanden ist, und sich als-

bald durch Reproduction der anderen Hälfte wieder ergänzt, dem früheren Ganzen ähnlich oder fast gleich wird. Ganz dieselbe Auffassung lässt sich aber auch auf alle höheren Organismen anwenden. Wir wissen, dass alle ohne Ausnahme entweder einfache Plastiden oder individualisirte Aggregate von mehr oder weniger differenzirten Plastiden sind, und wir wissen, dass die Fortpflanzung dieser Plastiden immer in der allereinfachsten mechanischen Weise, und allermeist nach dem eben geschilderten Typus, durch einfache Theilung oder durch Knospenbildung geschieht. Wenn sich nun ein solcher höherer Organismus fortpflanzt, der eine Summe von Plastiden repräsentirt, der also nicht den Werth eines Individuums erster, sondern zweiter oder höherer Ordnung besitzt, so ist auch hier der Vorgang ein ganz ähnlicher. Auch hier muss uns die Vererbung der elterlichen Eigenschaften auf den kindlichen Organismus als die nothwendige Folge der Fortpflanzung erscheinen. Wie bei den monoplastiden Organismen ein Theil der constituirenden Plasma-Moleküle, so geht bei den polyplastiden ein Theil der constituirenden Plastiden vom zeugenden Organismus auf den erzeugten über. Die Vorgänge der Theilung, und somit auch der Vererbung, sind in beiden Fällen ganz ähnliche. Wie die Theilung der Moneren und der übrigen einfachen Plastiden dadurch zu Stande kömmt, dass eine gewisse Anzahl von Plasma-Molekülen sich um ein oder mehrere neue Attractionscentra gruppiren und nun die neu hineintretenden Moleküle sich ebenfalls um diese neuen Anziehungs-Mittelpunkte (Gruppen von dichter gestellten Molekülen) ansammeln, so geschieht auch bei den höheren, mehrzelligen Organismen die einfachste Art der Fortpflanzung, die Selbsttheilung, dadurch, dass eine oder mehrere Plastiden (Zellen oder Cytoden), welche vorher den übrigen coordinirt waren, sich von denselben sondern und als selbstständige Anziehungs-Mittelpunkte auftreten, zu denen die eintretende Ernährungsflüssigkeit vorzugsweise hingeleitet wird, und von denen aus nun der neue Plastidenbildungs-Process, das „zusammengesetzte Wachsthum“ des Ganzen lebhaft ausgeht. So entstehen um die gesonderten Zellen gesonderte Zellgruppen, welche sich dann endlich mehr oder weniger vollständig trennen und so den Zerfall des elterlichen Organismus in zwei oder mehrere neue Individuen herbeiführen. Wie bei der Selbsttheilung der Plastiden (oder der Individuen erster Ordnung) einzelne stärker anziehende Plasma-Moleküle, so sind es bei der Selbsttheilung mehrzelliger Organismen (oder der Individuen zweiter oder höherer Ordnung) einzelne stärker anziehende Zellen, welche über die anderen coordinirten das Uebergewicht gewinnen, und so innerhalb des einen individuellen, centralisirten Organismus zwei oder mehrere neue Bildungscentra, Anziehungs-Mittelpunkte für die Ernährung herstellen. Diese neuen centralen Bildungsheerde, welche bereits die Anlagen der neuen

Individuen sind und welche vollkommen selbstständig werden, sobald sie sich in die Restbestandtheile des elterlichen Organismus getheilt haben, müssen natürlich die wesentlichen, specifischen Eigenschaften desselben beibehalten, und wir finden es auch hier nicht wunderbar, dass diese kindlichen Individuen bei ihrer Ergänzung zum elterlichen die gleiche Ernährungsrichtung, und somit auch die gleiche Bildungsrichtung beibehalten.

Wie nun die Vererbung der specifischen Eigenschaften durch die Fortpflanzung uns bei dieser einfachsten Form derselben, bei der monogenen Spaltung, und insbesondere bei der Selbsttheilung, als eine nothwendige Folge der partiellen Identität des kindlichen und parentalen Organismus ganz natürlich erscheinen muss, so gilt dies auch von allen anderen Arten der Fortpflanzung, welche wir im siebzehnten Capitel unterschieden haben. Mögen dieselben noch so sehr verschieden sein, so stimmen sie dennoch sämmtlich in der fundamentalen Erscheinung überein, dass ein (bald totales, bald partielles) Wachsthumsproduct des individuellen Organismus, und zwar stets ein grösserer oder kleinerer Theil des lebendigen bildungsfähigen Eiweissstoffes (Plasma der Plastiden) sich von demselben ablöst, um als neues Individuum selbstständig weiter zu leben. Da es dieselben **Stoffe** sind, welche die active Grundlage des elterlichen und des kindlichen Organismus bilden, dieselben specifisch constituirten Eiweiss-Verbindungen, so können wir schon a priori erwarten, dass dieselben **Kräfte** (Lebenserscheinungen) und dieselben **Formen** an dem kindlichen ebenso wie an dem elterlichen Individuum haften werden. Dies sehen wir überall bestätigt a posteriori durch die Erscheinungen der Erblichkeit, welche einzig und allein in jener materiellen Continuität wurzeln. Bei den höheren Organismen erscheint es uns wunderbar, dass eine einzige einfache Zelle, das Ei, alle die äusserst complicirten morphologischen und physiologischen Eigenschaften des elterlichen Organismus auf den kindlichen zu übertragen vermag, und es scheint schwer zu begreifen, wie die Plasma-Moleküle des Eies und des Sperma lediglich vermöge ihrer specifischen materiellen Constitution diese äusserst verwickelten Complexe hoch differenzirter Eigenschaften sollen übertragen können. Indessen verliert sich diese Schwierigkeit, sobald wir an die unendliche Feinheit in der uns unbekannten Molekular-Structur und atomistischen Constitution des Plasma denken und an die wichtige Thatsache, dass die ganze individuelle Entwickelung eine continuirliche Kette von molecularen Bewegungs-Erscheinungen des activen Plasma ist. Der Anstoss zu dieser specifischen Bewegung wird bei dem Fortpflanzungs-Akte zugleich mit dem materiellen Substrate selbst vom elterlichen auf den kindlichen Organismus übertragen, und die unmittelbare Continuität jener unendlich verschiedenartigen und complicirten Entwickelungs-

Bewegungen ist die wirkende Ursache der unendlich verschiedenartigen und complicirten Vererbungs-Erscheinungen.

IV, C. Grad der Vererbung.

Da die materielle Continuität des elterlichen und des kindlichen Organismus bei den verschiedenen angeführten Arten der Fortpflanzung einen verschiedenen Grad der Ausdehnung und der Dauer zeigt, so lässt sich von vornherein schon erwarten, dass auch der Grad der Erblichkeit bei denselben verschieden sein werde, und auch dies sehen wir überall durch die Erfahrung bestätigt. Je grösser im Verhältniss zum ganzen zeugenden Individuum der Theil desselben ist, der sich als überschüssiges Wachsthumsproduct von ersterem isolirt, desto grösser ist die Gemeinschaftlichkeit der materiellen Grundlage, desto grösser ist der Grad der Erblichkeit, d. h. die Uebereinstimmung in Form und Function des zeugenden und des erzeugten Organismus. Daher ist die letztere viel bedeutender bei der Theilung und Knospenbildung, wo ein verhältnissmässig grosser Theil sich von dem zeugenden Individuum ablöst, als bei der Keimzellen-Bildung und geschlechtlichen Zeugung, wo nur ein verhältnissmässig kleiner Theil aus dem elterlichen Organismus sich abscheidet. Ebenso ist die längere Dauer des Zusammenhanges beider Organismen hierbei von Einfluss. Je länger der materielle Zusammenhang beider dauert, je später sich das kindliche Individuum von dem elterlichen trennt, desto gleichartiger werden sich beide, als Theile eines und desselben materiellen Ganzen, ausbilden, und desto grösser wird der Grad der Erblichkeit, der biologischen Uebereinstimmung zwischen beiden sein. Dieser Umstand wirkt meist mit dem vorigen zusammen. Da auch diese Dauer des Zusammenhanges bei der Theilung und Knospenbildung grösser ist, als bei der Keimbildung und sexuellen Fortpflanzung, so wird auch aus diesem Grunde der Grad der hereditären Aehnlichkeit bei letzteren geringer, als bei ersteren sein. Die Beispiele hierfür sind bei denjenigen Organismen zahlreich, welche sich gleichzeitig auf geschlechtlichem und ungeschlechtlichem Wege fortpflanzen. Unsere veredelten Obstsorten z. B. können wir nur durch ungeschlechtliche Vermehrung (Ablösung von Knospen, Ablegern, Senkern etc.) fortpflanzen, wodurch die feinen individuellen Vorzüge des veredelten Baumes sich genau auf seine Nachkommen übertragen, während dieselben bei der geschlechtlichen Fortpflanzung (durch Samen) Nachkommen liefern, die sich weit von ihren Eltern entfernen und Rückschläge in die nicht veredelte wilde Stammform zeigen. Ebenso können sogenannte Spielpflanzen, mit sehr ausgeprägten, und namentlich mit plötzlich aufgetretenen individuellen Charakteren (z. B. die Blutbuche, die Rostkastanien mit gefüllten Blüthen, viele Trauerbäume oder Bäume mit hängenden Zweigen)

nur auf ungeschlechtlichem, nicht auf geschlechtlichem Wege fortgepflanzt werden. Dagegen entstehen solche auszeichnende individuelle Bildungen, Monstrositäten etc., weit häufiger bei solchen Individuen, die sexuell, als bei solchen, die esexuell erzeugt sind. Allgemein lässt sich das Erblichkeits-Gesetz, welches diesen Erscheinungen zu Grunde liegt, folgendermaassen formuliren: „Jede Vererbungs-Erscheinung der Organismen ist durch die materielle Continuität zwischen elterlichem und kindlichem Organismus bedingt und der Grad der Vererbung (d. h. der Grad der morphologischen und physiologischen Aehnlichkeit zwischen elterlichem und kindlichem Organismus) steht in geradem Verhältnisse zu der Zeitdauer des continuirlichen Zusammenhanges zwischen zeugendem und erzeugtem Individuum, und in umgekehrtem Verhältniss zu dem Grössenunterschiede zwischen Beiden."

IV, D. Conservative und progressive Vererbung.

(Vererbung ererbter und erworbener Charaktere.)

Die ausserordentliche Wichtigkeit der Erblichkeits-Erscheinungen für die Erklärung der organischen Form-Bildung konnte erst erkannt werden, seit man den Grundgedanken der Descendenz-Theorie erfasst hatte, und es hat sich daher auch die allgemeine Aufmerksamkeit den ersteren erst dann mehr zugewendet, als Darwin die letztere durch seine Selections-Theorie causal begründet hatte. Wir werden uns daher nicht wundern, dass vorher noch keine ernstlichen Versuche gemacht worden waren, die Masse der hierhor gehörigen verschiedenartigen Erscheinungen zu ordnen und als „Erblichkeits-Gesetze" zu formuliren. Auch in den wenigen seitdem verflossenen Jahren sind hierzu keine umfassenderen Schritte gethan worden; und es ist dies erklärlich bei den grossen Schwierigkeiten, welche jeder geordneten Betrachtung des ungeheuren Chaos von ontogenetischen Thatsachen sich entgegenstellen. Die sehr zahlreichen und verschiedenartigen Beobachtungen über Vererbung, welche wir aus älterer und neuerer Zeit besitzen, sind grösstentheils nicht von streng naturwissenschaftlich gebildeten Beobachtern, sondern von Landwirthen, Gärtnern, Thierzüchtern u. dergl. mehr gesammelt worden, deren Angaben zum grossen Theil sehr ungenau und unzuverlässig sind. Auch war für diese bei Wiedergabe ihrer Beobachtungen meist nicht der theoretisch-wissenschaftliche, sondern vielmehr der praktisch-zweckdienliche Standpunkt maassgebend, und es ist daher sehr schwer, diese Angaben mit Sicherheit zu verwerthen. Die Zoologen und Botaniker aber, für welche die wissenschaftliche Erkenntniss der Vererbungserscheinungen schon längst die dringendste Pflicht hätte sein sollen, waren meist viel zu sehr mit der Species-Fabrication und der anatomischen Darstellung der vollendeten

Formen in ihren todten Museen und Herbarien beschäftigt, als dass sie Zeit und Lust gehabt hätten, die Erblichkeits-Erscheinungen an den lebendigen Organismen zu studiren, und in der Erkenntniss des Werdens der Formen das Verständniss der vollendeten zu gewinnen. Es gilt also von den Vererbungs-Gesetzen dasselbe, wie von den Anpassungs-Gesetzen, dass ihre wissenschaftliche Begründung der Zukunft angehört. Vor Allem wird diese das äusserst werthvolle Material zu verwerthen haben, welches die Aerzte über die Vererbungen pathologischer Zustände gesammelt haben, und welches ebenfalls noch ganz ungeordnet ist. Wenn wir trotzdem hier den Versuch machen, die wichtigsten Gesetze der Vererbung und der Anpassung vorläufig zu formuliren, so wollen wir damit nur eine neue Anregung zur weiteren Gesetzes-Erforschung, keinesweges aber eine vollständige Reihe von feststehenden Gesetzen geben. Wir müssen deshalb für diesen Versuch besondere Nachsicht beanspruchen.

Bevor wir die verschiedenen Gesetze der Erblichkeit, welche sich mit einiger Sicherheit schon jetzt als besonders wichtig hervorheben lassen, einzeln formuliren, erscheint es nothwendig, den wesentlichen Unterschied zwischen zwei verschiedenen Hauptformen der Heredität hervorzuheben, nämlich zwischen der Vererbung ererbter und derjenigen erworbener Charaktere. Alle verschiedenen Erblichkeits-Erscheinungen lassen sich entweder der einen oder der anderen Kategorie unterordnen. Beide sind aber bisher in sehr ungleichem Maasse berücksichtigt worden. Die meisten Zoologen und Botaniker haben immer das grösste Gewicht auf Vererbung bereits ererbter Charaktere oder auf die **conservative Vererbung** gelegt, und dagegen die Vererbung erworbener Charaktere oder die **progressive Vererbung** entweder gar nicht berücksichtigt oder doch nicht in ihrem ausserordentlichen morphologischen Werthe erkannt. Hieraus vorzüglich erklärt sich die Zähigkeit, mit welcher das falsche Dogma von der Constanz der Species selbst noch von Einsichtigeren festgehalten wird. Denn aus der einseitigen Berücksichtigung bloss der conservativen Vererbung entspringt die irrige Vorstellung, dass alle Glieder einer Species durch eine bestimmte Summe von unveränderlichen Charakteren als ein natürliches Ganzes zusammengehalten werden, und dass ihre unbestreitbare Variation oder Abänderung bestimmte enge Grenzen nicht überschreitet. Erst durch die gerechte Würdigung der entgegengesetzten progressiven Vererbung wird die unbegrenzte Veränderlichkeit der organischen Formen und die freie Transmutation der Species erkannt, aus welcher sich alle Thatsachen der organischen Morphologie erklären.

Das Gesetz der conservativen oder beharrlichen Heredität oder der Vererbung ererbter Charaktere sagt aus, dass alle Descendenten ihren Eltern ebenso wie allen vorhergehenden Gene-

rationen gleichen. Jeder Organismus vererbt dieselben morphologischen und physiologischen Eigenschaften auf seine Nachkommen, welche er selbst von seinen Eltern und Vorfahren ererbt hat. In der einseitigen Auffassung, in welcher dasselbe gewöhnlich die dogmatischen Vorstellungen der Systematiker beherrscht, würde dasselbe lauten: Alle Eigenschaften, welche der Organismus von seinen Eltern ererbt hat, und nur diese, vererbt derselbe auch ebenso vollständig auf seine Nachkommen. Daher sind alle Generationen einer und derselben Species wesentlich gleich und die Abänderungen durch Anpassung überschreiten niemals bestimmte enge Grenzen. Die Species muss hiernach wirklich constant sein; denn „Gleiches erzeugt Gleiches". Wenn diese falsche Vorstellung in ihrer ganzen Einseitigkeit consequent festgehalten wird, so bleibt die erste Entstehung der erblichen Eigenschaften, welche durch die Fortpflanzung unverändert übertragen werden, vollständig unerklärt und man muss nothwendig zu der absurden dualistischen Vorstellung einer „Schöpfung der einzelnen Species" flüchten. Jede organische Art entsteht dann plötzlich zu irgend einer Zeit der Erdgeschichte lediglich durch den „Willen des Schöpfers", d. h. ohne Ursachen! Sie überträgt alle ihre „specifischen, wesentlichen Charaktere" unverändert auf ihre Nachkommen mittelst der Fortpflanzung (also durch wirkende Ursachen!), und nachdem sie eine bestimmte Reihe von Generationen hindurch sich in dieser Constanz erhalten hat, geht sie ganz unmotivirt wieder unter, ohne Ursachen!

Dass diese Vorstellung von der einseitigen und ausschliesslichen Gültigkeit der conservativen Heredität grundfalsch ist, liegt auf der Hand. Zwar beherrscht dieselbe noch heute die ganze zoologische und botanische Systematik, weil die nicht monistisch gebildete Mehrheit der Morphologen daraus das Dogma von der Species-Constanz ableitet, welches sie für unentbehrlich hält. Allein es bedarf nur eines einfachen Hinweises auf die alltäglichen Züchtungs-Erfahrungen der Gärtner und Landwirthe, um sie zu widerlegen. Die ganze künstliche Züchtung (und ebenso die natürliche) beruht darauf, dass die conservative Heredität nicht ausschliesslich wirkt, sondern vielmehr beständig und überall neben und mit der progressiven Vererbung thätig ist.

Das Gesetz der progressiven oder fortschreitenden Heredität oder der Vererbung erworbener Charaktere sagt aus, dass alle Descendenten von ihren Eltern nicht bloss die alten, von diesen ererbten, sondern auch die neuen, von diesen erst während ihrer Lebenszeit erworbenen Charaktere, wenigstens theilweis, erben. Jeder Organismus vererbt auf seine Nachkommen nicht bloss die morphologischen und physiologischen Eigenschaften, welche er selbst von seinen Eltern ererbt, son-

dern auch einen Theil derjenigen, welche er selbst während seiner individuellen Existenz durch Anpassung erworben hat. Dieses äusserst wichtige Gesetz läuft dem vorigen in gewisser Beziehung beschränkend zuwider, und wenn man dasselbe in gleicher Weise wie jenes berücksichtigt hätte, so würde man längst das Dogma von der Species-Constanz, und damit die hinderlichste Schranke der monistischen Morphologie beseitigt haben. Obwohl die Thatsachen, auf welchen dieses fundamentale Gesetz unumstösslich fusst, alltäglich zu beobachten und allbekannt sind, haben sich dennoch die meisten Morphologen seiner Anerkennung auf das beharrlichste verschlossen. Freilich führen die nothwendigen Consequenzen desselben den vollständigen Ruin des unheilvollen Species-Dogma und des darauf begründeten teleologischen Dualismus unaufhaltsam herbei. Denn es ist klar, dass daraus zunächst die unbegrenzte Veränderlichkeit der Species folgt. Dass die einzelnen Individuen während ihrer beschränkten Lebenszeit, in Folge der unendlich mannichfaltigen Abänderung ihrer Ernährung, den mannichfaltigsten und tiefgreifendsten Abänderungen unterliegen können, uud dass eine bestimmte Schranke dieser individuellen Abänderung nicht existirt, ist allgemein anerkannt; wenn nun zugleich das Gesetz von der progressiven Heredität als wahr anerkannt wird, — und es ist dies bei aufrichtiger Betrachtung mit offenen Augen nicht zu vermeiden — so folgt daraus unmittelbar, dass auch eine Schranke der Species-Transmutation nicht existirt, dass die Veränderlichkeit der Art unbegrenzt ist, weil jede neue, durch Anpassung erworbene Eigenschaft unter günstigen Umständen vom elterlichen Organismus auf den kindlichen vererbt werden kann. Und so ist es in der That.

Die ganze Formen-Mannichfaltigkeit der Thier- und Pflanzenwelt, wie sie uns gegenwärtig umgiebt, und wie sie sich während deren paläontologischer Entwickelung allmählich umgestaltet hat, liefert uns für diese Wechselwirkung von progressiver und conservativer Vererbung den deutlichsten Beleg. Denn das beständige Schwanken zwischen Erhaltung und Abänderung, zwischen Constanz und Transmutation, welches uns alle Thier- und Pflanzen-Species zeigen, erklärt sich uns einfach aus der Thatsache, dass die Vererbung der Charaktere niemals ausschliesslich eine conservative, sondern stets zugleich eine progressive ist. Wenn die conservative Vererbung der ererbten Charaktere allein herrschte, so würde die gesammte Organismen-Welt durchaus constant, zu allen Zeiten der Erdgeschichte dieselbe sein, und es würden nur soviel Species existiren, als ursprünglich „geschaffen“ wurden (d. h. durch Archigonie entstanden). Dies wird durch die Palaeontologie widerlegt. Wenn umgekehrt die progressive Vererbung allein wirksam wäre, so würde die gesammte Organismen-Welt durch-

aus inconstant sein, und es würden sich gar keine verschiedenen Species unterscheiden lassen. Es würden eben so viele Species als Individuen existiren. Auch dies wird durch die Palaeontologie widerlegt. Alle palaeontologischen und systematischen (anatomischen) Thatsachen erklären sich nur aus der Annahme eines fortwährenden Ineinandergreifens, einer beständigen Wechselwirkung der conservativen und progressiven Heredität.

Eine eingehende physiologische Betrachtung der Ernährungs- und Fortpflanzungs-Verhältnisse der Organismen zeigt uns, dass dies gar nicht anders sein kann. Wir sahen, dass die Vererbung durch die Fortpflanzung vermittelt wird und in einer materiellen Continuität, einer partiellen Identität des elterlichen und kindlichen Organismus besteht. Andererseits werden wir bei der Betrachtung der Anpassung sehen, dass jede Anpassung auf einer Ernährungs-Veränderung beruht. Da nun die Ernährungs-Verhältnisse, d. h. überhaupt die gesammten Existenz-Bedingungen, im weitesten Sinne, überall und zu jeder Zeit verschieden sind, da jeder individuelle Organismus sich seinen speciellen Ernährungs-Bedingungen bis zu einem gewissen Grade anpassen muss und dadurch bestimmte Veränderungen erleidet, da endlich jede Veränderung nicht einen einzelnen Körpertheil ausschliesslich betrifft, sondern auf alle anderen Theile mit zurückwirkt, so muss auch bei der Fortpflanzung des Individuums stets ein, wenn auch noch so kleiner, Theil der erworbenen Veränderung mittelst der elterlichen Materie auf die kindliche übertragen werden und in dieser wirksam bleiben.

Das Resultat dieser Untersuchung ist also die nothwendige Wechselwirkung von conservativer und progressiver Vererbung. Der Grad der Constanz jeder organischen Species wird durch den Antheil der conservativen Vererbung, der Grad der Abänderung jeder organischen Species durch den Antheil der progressiven Vererbung bedingt.

IV, E. Gesetze der Vererbung.

Ea. Gesetze der conservativen Vererbung.

1. Gesetz der ununterbrochenen oder continuirlichen Vererbung.

(Lex hereditatis continuae.)

Bei den meisten Organismen sind alle unmittelbar auf einander folgenden Generationen einander in allen morphologischen und physiologischen Charakteren entweder nahezu gleich oder doch sehr ähnlich.

Die ununterbrochene Conservation der specifischen Charaktere in allen auf einander unmittelbar folgenden Generationen einer und derselben Species ist die allgemeine Regel bei allen höheren Thieren und Pflanzen. Wenn wir die Kette der successiven Generationen mit den

Buchstaben des Alphabets bezeichnen, so ist bei den meisten höheren Organismen A = B = C = D = E = F u. s. w. Die Gültigkeit dieses Gesetzes ist aber nicht allein allgemein anerkannt, sondern auch übertrieben worden, indem man die continuirliche Vererbung als das allgemeine Grundgesetz der Vererbung für alle Organismen ansah. Erst als man die weite Verbreitung des Generationswechsels kennen lernte, und als dasjenige, was man zuerst „als Ausnahme ansah, sich im Gange der Natur als die Regel“ herausstellte, nämlich das Alterniren der Generationen bei den niederen Organismen entsprechend dem nächstfolgenden zweiten Gesetze, musste das Gesetz der continuirlichen Vererbung als das nicht ausschliesslich herrschende erkannt werden. Auf jener früheren allzuweit gehenden Verallgemeinerung desselben beruht auch die weit verbreitete, aber unbegründete Definition der Species, als des „Inbegriffes aller Individuen von gleicher Abkunft, und derjenigen, welche ihnen eben so ähnlich, als diese unter sich sind.“

2. Gesetz der unterbrochenen oder verborgenen oder abwechselnden Vererbung.

(Lex hereditatis interruptae s. latentis s. alternantis.)

Bei vielen Organismen sind nicht die unmittelbar auf einander folgenden Generationen einander in allen morphologischen und physiologischen Charakteren entweder nahezu gleich oder doch sehr ähnlich; sondern nur diejenigen, welche durch eine oder mehrere davon verschiedene Generationen von einander getrennt sind.

Die Vererbungserscheinungen, welche dieses wichtige Gesetz begründen, sind allbekannt. Die Kette der auf einander folgenden Generationen ist hier aus zwei oder mehreren verschiedenen Gliedern zusammengesetzt, die alterniren. Nur die mittelbaren Descendenten jedes Individuums sind demselben nahezu gleich oder nur sehr wenig verschieden, während die unmittelbaren Descendenten einen geringeren oder höheren Grad bemerkbarer Abweichung zeigen. In sehr vielen menschlichen Familien z. B. besitzen die Kinder, sowohl in psychischer als in somatischer Beziehung, eine weit auffallendere Aehnlichkeit mit ihren Grosseltern, als mit ihren Eltern. Dasselbe ist an den Hausthieren sehr oft zu beobachten. Es bleibt also hier ein Theil der am meisten auffallenden und das Individuum auszeichnenden (individuellen) Charaktere eine oder mehrere Generationen hindurch latent, ohne sichtbare Uebertragung durch die unmittelbare Fortpflanzung, um erst nach Verlauf derselben plötzlich wieder in einer entfernteren Generation zu Tage zu treten.

Dieses Gesetz ist äusserst wichtig für die Erklärung des Generationswechsels, da offenbar ein sehr grosser (vielleicht der grösste)

Theil der verschiedenen Metagenesis-Formen unmittelbar durch eine lange Zeit hindurch fortgesetzte und dadurch befestigte „latente Vererbung“ entstanden ist. So lässt sich z. B. der Generationswechsel der Salpen sicher auf diese Weise erklären, indem sich allmählich die unmittelbar auf einander folgenden Generationen (Eltern und Kinder) mehr und mehr differenzirten, während die dritte Generation (Enkel) immer wieder in die erste Generation zurückschlug, so dass Enkel und Grosseltern einander constant gleich wurden. Wenn wir verschiedene Formen des Generationswechsels in dieser Beziehung vergleichen, so können wir mehrere verschiedene Modificationen der latenten Erblichkeit unterscheiden, zunächst je nachdem eine oder zwei oder mehrere Generationen überschlagen werden, ehe der ursprüngliche Charakter der Stammeltern sich wieder geltend macht. Bezeichnen wir die unmittelbar auf einander folgende Kette der Generationen mit den laufenden Buchstaben des Alphabets, so ist I, im ersten Falle, bei Ueberschlagung einer Generation (z. B. beim Generationswechsel der Salpen), A = C = E = G und ebenso B = D = F = H etc.; II, im zweiten Falle, bei Ueberschlagung zweier Generationen (z. B. beim Generationswechsel vieler Trematoden etc., einiger Arten von *Doliolum)* A = D = G und ebenso B = E = H, ferner C = F = J u. s. w. In denjenigen weiteren Fällen, wo mehr als zwei Generationen überschlagen werden, compliciren sich die Verhältnisse oft ausserordentlich. Wir wollen jedoch auf dieselben hier um so weniger eingehen, als fast noch nichts geschehen ist, um den Generationswechsel vom Gesichtspunkt der Vererbungsgesetze aus zu erklären.

Wenn ein individueller Charakter eine längere Reihe von Generationen hindurch latent bleibt, und erst nach Einschaltung einer grösseren Anzahl verschieden gebildeter Zwischen-Generationen wieder zur Geltung kommt, so bezeichnet man diese Modification der latenten Erblichkeit als Rückschlag. Bekanntlich spielt derselbe bei der Züchtung unserer Hausthiere und Culturpflanzen eine ausserordentlich grosse und wichtige Rolle, und es ist erstaunlich, welche ausserordentlich lange Reihe von Generationen verstreichen kann, ehe gewisse auszeichnende Charaktere einer alten Stammform wieder zur Geltung kommen. Dies gilt z. B. von den bisweilen auftretenden Streifen an unseren einfarbigen Pferden, welche als Rückschlag in ihre uralte gestreifte Stammform erklärt werden müssen. Dasselbe beobachtet man sehr häufig bei der „Verwilderung“ domesticirter Formen, z. B. der Obstsorten, des Kohls etc. Regelmässig tritt dieselbe Erscheinung in vielen Formen des Generationswechsels (z. B. bei den Blattläusen, vielen Phanerogamen) auf, wo die geschlechtlich entwickelten Generationen nur periodisch auftreten, nachdem eine längere oder kürzere Reihe von Zwischen-Generationen eingeschaltet worden ist.

3. Gesetz der geschlechtlichen Vererbung.

(Lex hereditatis sexualis.)

Bei allen Organismen mit getrennten Geschlechtern vererben sich die primären und secundären Sexualcharaktere einseitig fort; d. h. es gleichen die männlichen Descendenten in der wesentlichen Summe der secundären Sexual-Charaktere mehr dem Vater, die weiblichen mehr der Mutter.

Dieses Gesetz ist von grosser Bedeutung für die Conservation, Befestigung und weitere Differenzirung der Geschlechtsunterschiede, und besonders der secundären Sexualcharaktere, bei den amphigonen Organismen. Wir verstehen darunter diejenigen Unterschiede der beiden Geschlechter, welche dieselben, auch abgesehen von der Differenz der primären Sexualcharaktere (der unmittelbar die Fortpflanzung bewirkenden Geschlechtsorgane), unterscheiden. Solche secundäre Geschlechtseigenthümlichkeiten sind sowohl unter den niederen als unter den höheren Thieren mit getrennten Geschlechtern sehr allgemein verbreitet: es gehören dahin z. B. die ausgezeichneten Unterschiede der gesammten Köperform und Grösse, welche die getrennten Geschlechter vieler Hydroidpolypen, vieler Insecten, Crustaceen etc. zeigen, ferner die auffallenden Differenzen in Grösse, in Färbung des Federkleides, in der Bildung gewisser Zierrathe (z. B. Hahnenkamm) der Vögel, ferner die meist bloss dem männlichen Geschlechte eigenen Geweihe, Hörner, Haarbüschel etc. der Wiederkäuer. Beim Menschen gehört dahin der Bart und die entwickeltere Muskelkraft, Willensthätigkeit und Denkthätigkeit des Mannes, die zartere Beschaffenheit und geringere Behaarung der Haut, die entwickeltere Empfindungsthätigkeit des Weibes. Alle diese nur einem der beiden Geschlechter zukommenden Eigenthümlichkeiten werden von demselben nach dem obigen „Gesetz der sexuellen Vererbung" in der Regel nur auf das eine der beiden Geschlechter und zwar auf das entsprechende weiter vererbt. So bleiben im Laufe langer Generations-Reihen die männlichen Individuen den männlichen Vorfahren, die weiblichen Individuen den weiblichen Vorfahren gleich oder doch in allen wesentlichen Charakterzügen sehr ähnlich.

4. Gesetz der gemischten oder beiderseitigen Vererbung.

(Lex hereditatis mixtae s. amphigonae.)

Bei allen Organismen mit getrennten Geschlechtern vererben sich die nicht sexuellen Charaktere gemischt fort, d. h. es gleichen die männlichen Descendenten zwar in den meisten und wichtigsten Charakteren mehr dem Vater, aber in einigen auch mehr der Mutter, und ebenso gleichen

die weiblichen Descendenten zwar in den meisten und wichtigsten Charakteren mehr der Mutter, aber in einigen auch mehr dem Vater.

Dieses Gesetz scheint dem vorigen, dem der sexuellen Vererbung, in gewisser Beziehung zu widersprechen und es ist in der That eine Modification desselben. Es verhält sich zu jenem ähnlich, wie das Gesetz der latenten zu dem der continuirlichen Vererbung. Wahrscheinlich ist es sehr allgemein herrschend, allein gewöhnlich schwer zu constatiren, weil die betreffenden „gekreuzten" Charaktere, welche vom Vater auf die Tochter, von der Mutter auf den Sohn übergehen, meist untergeordneter Natur oder doch für unsere groben Beobachtungs-Mittel schwer oder gar nicht wahrzunehmen sind. Von der grössten Bedeutung ist das Gesetz der gemischten Vererbung für die Erscheinungen der Bastard-Zeugung und Kreuzung. Die Hybridismus-Gesetze, welche gegenwärtig sich noch nicht scharf formuliren lassen, werden grossentheils auf dieses Gesetz zurückzuführen sein. Am deutlichsten gewahren wir die Wirkungen der gemischten Vererbung bei Betrachtung der Erblichkeits-Erscheinungen am Menschen selbst, welcher überhaupt für das Studium der gesammten Erblichkeitsgesetze weit interessantere und lehrreichere Beispiele liefert, als die meisten anderen Thiere. Es hängt dies theils ab von der grösseren individuellen Differenzirung des Menschen, theils von unserer grösseren Fähigkeit, die feineren Differenzen in Form und Function hier zu erkennen. Nun ist es allbekannt, wie allgemein in den menschlichen Familien die gemischte oder gekreuzte Vererbung herrschend ist, wie der eine Junge oder das eine Mädchen in dieser oder jener Beziehung bald mehr dem Vater, bald mehr der Mutter gleicht. Grade durch diese Mischung der Charaktere von beiden Geschlechtern in den Nachkommen wird die unendliche Mannichfaltigkeit der individuellen Charaktere in erster Linie bedingt. Bekannt ist, was Goethe in dieser Beziehung von sich aussagt:

„Vom Vater hab ich die Statur,
Des Lebens ernstes Führen;
Vom Mütterchen die Frohnatur
Und Lust zu fabuliren."

5. Gesetz der abgekürzten oder vereinfachten Vererbung.

(Lex hereditatis abbreviatae s. simplicatae.)

Die Kette von ererbten Charakteren, welche in einer bestimmten Reihenfolge successiv während der individuellen Entwickelung vererbt werden und nach einander auftreten, wird im Laufe der Zeit abgekürzt, indem einzelne Glieder derselben ausfallen.

Obgleich im Ganzen die individuelle Entwickelungsgeschichte jedes organischen Individuums eine kurze Wiederholung der langen paläontologischen Entwickelung seiner Vorfahren, die Ontogenie eine kurze Recapitulation der Phylogenie ist, so müssen wir dennoch als eine sehr wichtige Ergänzung dieses fundamentalen Satzes hinzufügen, dass diese Wiederholung niemals eine ganz vollständige ist. Es finden bei jeder individuellen Entwickelungsgeschichte zahlreiche Abkürzungen und Vereinfachungen statt, indem nach und nach die vollständige Kette aller derjenigen Veränderungen, welche die Vorfahren des Individuums durchliefen, durch Ausfall einzelner Glieder immer kürzer zusammengezogen und dadurch immer unvollständiger wird. Wie Fritz Müller in seiner ausgezeichneten und höchst nachahmungswürdigen Schrift über die Morphogenie der Crustaceen[1]) schlagend gezeigt hat, „wird die in der individuellen Enwickelungsgeschichte erhaltene geschichtliche Urkunde allmählich verwischt, indem die Entwickelung einen immer geraderen Weg vom Ei zum fertigen Thiere einschlägt, und sie wird häufig gefälscht durch den Kampf ums Dasein, den die frei lebenden Larven zu bestehen haben. Die Urgeschichte der Art (Phylogenie) wird in ihrer Entwickelungsgeschichte (Ontogenie) um so vollständiger erhalten sein, je länger die Reihe der Jugendzustände ist, die sie gleichmässigen Schritts durchläuft, und um so treuer, je weniger sich die Lebensweise der Jungen von der der Alten entfernt, und je weniger die Eigenthümlichkeiten der einzelnen Jugendzustände als aus späteren in frühere Lebensabschnitte zurückverlegt oder als selbstständig erworben sich auffassen lassen." Je verschiedenartiger die Existenzbedingungen sind, unter denen das Individuum in den verschiedenen Zeitabschnitten seiner Entwickelung lebt, desto mehr wird dasselbe sich diesen anpassen müssen und dadurch von der Entwickelung seiner Vorfahren entfernen. Je heftiger der Kampf um das Dasein ist, den die jungen Individuen und die Larven zu bestehen haben, desto mehr ist es für sie von Vortheil, wenn sie möglichst rasch den vollendeteren späteren Zuständen sich nähern, und indem also die schneller sich entwickelnden, bei denen die Ontogenesis zufällig abgekürzt wird, oder bei denen einzelne

---

[1]) Fritz Müller, Für Darwin. Leipzig. W. Engelmann 1864. Wir können diese geistvolle und höchst wichtige Schrift, welche ein Muster denkender Naturforschung liefert, hier nicht erwähnen, ohne dieselbe als ein unübertroffenes Beispiel monistisch-causaler Behandlung der Entwickelungsgeschichte besonders hervorzuheben, und ohne darauf aufmerksam zu machen, wie dieselbe durch die wichtige Verbindung der individuellen und der paläontologischen Entwickelungsgeschichte einige der schwierigsten und verwickeltsten Fragen der thierischen Morphologie zu einer ebenso klaren als einfachen Lösung führt. Wenn die von Fritz Müller meisterhaft durchgeführte Behandlung einiger der schwierigsten morphogenetischen Aufgaben erst allgemein geworden sein wird, so wird unsere Wissenschaft auf den gegenwärtigen Zustand der Morphologie als auf ein Stadium unbegreiflicher Gedankenlosigkeit zurückblicken.

Abschnitte derselben ausfallen, dadurch einen Vortheil im Kampf um das Dasein erlangen, werden sie die langsamer sich entwickelnden überleben, und so ihre individuelle schnellere Entwickelungsweise als eine nützliche „Abkürzung oder Vereinfachung der Entwickelung" auf ihre Nachkommen vererben. Wenn diese Vereinfachung weit geht, so kann sie selbst bei nächst verwandten Arten eine sehr verschiedene Ontogenese bedingen. So ist z. B. nach Fritz Müllers schöner Entdeckung die gemeinsame ursprüngliche Larvenform der Podophthalmen und vieler niederer Crustaceen, der *Nauplius*, bei den allermeisten stieläugigen Krebsen, wo derselbe späterhin in die *Zoea*-Form übergeht, durch Vereinfachung der Entwickelung verschwunden, und nur bei einigen Garneelen *(Peneus)* übrig geblieben. Bei den letzteren ist also nicht dieselbe Abkürzung der Vererbung (durch Ausfall des *Nauplius*-Stadiums) eingetreten, wie bei den meisten anderen Podophthalmen, wo die *Zoea* unmittelbar aus dem Ei kommt. In ähnlicher Weise erklärt uns die Abkürzung oder Vereinfachung der Entwickelung viele der wichtigsten ontogenetischen Erscheinungen, besonders bei den höheren Thieren und Pflanzen.

Eb. Gesetze der progressiven Vererbung.

6. Gesetz der angepassten oder erworbenen Vererbung.

(Lex hereditatis adaptatae s. accommodatae.)

Alle Charaktere, welche der Organismus während seiner individuellen Existenz durch Anpassung erwirbt, und welche seine Vorfahren nicht besassen, kann derselbe unter günstigen Umständen auf seine Nachkommen vererben.

Gleichwie alle von den Voreltern ererbten, so können auch alle neu erworbenen Eigenschaften der Materie durch die Vererbung fortgepflanzt werden. Es giebt keine morphologischen und physiologischen Eigenthümlichkeiten, welche das organische Individuum durch die Wechselwirkung mit der umgebenden Aussenwelt erwirbt, mit einem Worte keine „Anpassungen", welche nicht durch Vererbung auf die Nachkommenschaft übertragen werden könnten. Dieses grosse Gesetz ist von der höchsten Wichtigkeit, weil darauf unmittelbar die Veränderlichkeit der Arten, die Möglichkeit, dass verschiedene neue Species aus einer vorhandenen hervorgehen, beruht. Wir kennen in der That keine einzige, in die Mischung, Form oder Function des Organismus eingreifende Veränderung, welche nicht unter bestimmten (uns gewöhnlich ganz unbekannten) Verhältnissen auf wenige oder auf viele Generationen hinaus vererbt werden könnte. Am leichtesten geschieht dies, wenn die Veränderung sehr langsam und allmählich erfolgt (wie z. B. bei Erwerbung chronischer Krankheiten, die viel leichter als acute vererbt werden).

Am schwersten dagegen tritt die Vererbung der Veränderung ein, wenn die letztere ganz plötzlich (z. B. traumatisch) erfolgte[1]). Gewöhnlich springen die Fälle, wo eine plötzlich aufgetretene Veränderung auf eine oder mehrere Generationen vererbt wird, sehr deutlich dann in die Augen, wenn die betreffende Veränderung eine „monströse" ist, d. h. einzelne Theile des Organismus in ungewöhnlicher Zahl, Grösse, Form oder Farbe entwickelt zeigt, so z. B. die Fälle, in denen sechs Finger an jeder Hand mehrere Generationen hindurch beim Menschen vererblich blieben, ferner die berühmten Stachelschwein-Menschen aus der Familie Lambert, wo eine eigenthümliche schuppenähnliche monströse Hautbildung von Edward Lambert an (1735) sich durch mehrere Generationen auf die Nachkommen vererbte, und zwar bloss auf und durch die männlichen Nachkommen. Auch die häufigen Fälle von erblichem Albinismus gehören hierher, ferner die Fälle, wo ein einzelner Schafbock oder Ziegenbock mit keinem oder mit 4—8 Hörnern geboren wurde, und nun diesen individuellen Charakter auf seine Nachkommen übertrug.

Viel wichtiger, als diese monströsen, auffallend vortretenden Abänderungen, welche durch die angepasste Vererbung übertragen werden, sind die unscheinbaren und geringfügigen Abänderungen, welche erst im Laufe von Generationen durch Häufung und Befestigung ihre hohe Bedeutung für die Umbildurg der organischen Form erhalten. Die gesammten Vorgänge der künstlichen Züchtung liefern in dieser Beziehung für das Gesetz der angepassten Vererbung eine lange Beweiskette.

7. Gesetz der befestigten Vererbung.

(Lex hereditatis constitutae.)

Alle Charaktere, welche der Organismus während seiner individuellen Existenz durch Anpassung erwirbt, und welche seine Vorfahren nicht besassen, werden um so sicherer und vollständiger auf alle folgenden Generationen vererbt, je anhaltender die causalen Anpassungs-Bedingungen einwirkten, und je länger sie noch auf die nächstfolgenden Generationen einwirken.

Die grosse Bedeutung dieses Gesetzes ist wegen seiner ungemeinen praktischen Wichtigkeit für die künstliche Züchtung allgemein aner-

---

[1]) Gewöhnlich werden bekanntlich traumatische oder durch Verwundung entstandene Veränderungen nicht vererbt. Um so wichtiger ist es, die Fälle aufzubewahren, in denen dies doch bisweilen geschieht. So wurden kürzlich, wie mir Herr Hofrath Stöckhardt als sicherer Gewährsmann mittheilte, auf einem Gute in der Nähe von Jena mehrere schwanzlose Kälber geboren, deren Vater der Schwanz beim unvorsichtigen Zuschlagen eines Thores eingeklemmt und abgequetscht worden war.

kannt. Jeder Gärtner und Landwirth weiss, dass neu erschienene Abänderungen von Thieren und Pflanzen auf die Nachkommenschaft nur dann dauernd übertragen und befestigt werden können, wenn die Ursache, welche die Veränderung bedingte, entweder wiederholt, oder längere Zeit hindurch, am sichersten, wenn sie andauernd durch eine Reihe von vielen Generationen einwirkte. Ist dies nicht der Fall, so schlägt die veränderte Form in ihrer Nachkommenschaft sehr leicht wieder in die Stammform zurück. Die Befestigung aber ist um so tiefer, je länger die Ursache einwirkte. Jeder Organismus besitzt in dieser Beziehung einen gewissen Elasticitätsgrad. Wenn die Biegung der elastischen Form längere Zeit durch einen biegenden äusseren Einfluss erhalten wird, so bleibt sie nach dem Aufhören dieses Einflusses von selbst bestehen, während sie in den früheren, nicht gebogenen Zustand zurückschnellt, wenn der biegende Einfluss sie nur kurze Zeit zur Biegung zwang. Wie in einem künstlich gebogenen elastischen Metallstabe sich die Moleküle des Metalls bei längerer Dauer der Biegung so anordnen, dass sie auch nach Aufhören derselben diese Anordnung beibehalten, dagegen in ihre frühere Anordnung zurückkehren, wenn die biegende Kraft nur kurze Zeit einwirkte, so verhalten sich auch die Moleküle des Eiweisses in einem Organismus, welcher durch die Anpassung „gebogen" wird. Die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes von der „Befestigung der Vererbung" ist so bekannt, dass wir kaum Beispiele anzuführen brauchen. Jeder Landwirth kann eine neue Abänderung einer Thierform, jeder Gärtner eine neue Anpassung einer Pflanzenform nur dadurch „erhalten" und dauerhaft erhalten, d. h. befestigen, wenn er sorgfältig darauf achtet, dass die neue Form erst einige Generationen hindurch unter denselben Bedingungen erhalten und „rein" fortgepflanzt wird. Wenn hierbei nicht die nöthige Vorsicht angewendet wird, so schlägt die veränderte Form schon in den ersten Generationen wieder in die ursprüngliche Stammform zurück. Es steht also der Grad der Befestigung einer Veränderung (eines erworbenen Charakters) in gradem Verhältnisse zur Zeitdauer des verändernden Einflusses und zur Zahl der Generationen, durch welche er sich bereits vererbt hat.

8. Gesetz der gleichörtlichen Vererbung.

(Lex hereditatis homotopae.)

Alle Organismen können die bestimmten Veränderungen irgend eines Körpertheils, welche sie während ihrer individuellen Existenz durch Anpassung erworben haben, und welche ihre Vorfahren nicht besassen, genau in derselben Form auf denselben Körpertheil ihrer Nachkommen vererben.

Auch dieses Gesetz der gleichörtlichen oder homotopen Vererbung

hat im ganzen Thier- und Pflanzen-Reiche so allgemeine Geltung, dass man sich niemals über diese alltägliche Erscheinung wundert. Und doch ist dieselbe von der grössten Bedeutung; denn es kann kaum etwas Wunderbareres und schwerer zu Erklärendes geben, als die allbekannte Thatsache, dass der Organismus einen localen Charakter, den er während seiner individuellen Existenz erworben hat, auch genau auf denselben Körpertheil seiner Nachkommen überträgt. In der That ist der unvermeidliche und nothwendige Gedanke äusserst schwierig zu verfolgen, dass das Zoosperm des Vaters und die Eizelle der Mutter, diese minimale Quantität einer formlosen Eiweiss-Verbindung, eine äusserst geringfügige und unbedeutende Abänderung, welche irgend ein Körpertheil der Eltern zu irgend einer Lebenszeit erfahren hat, genau auf denselben Körpertheil des Embryo oder selbst erst des erwachsenen Organismus überträgt, der sich aus jenem, vom Zoosperm befruchteten Eie epigenetisch entwickelt und erst allmählich zur specifischen Form differenzirt hat. Und doch sehen wir diese Thatsache alltäglich verwirklicht vor Augen. Sie giebt uns einen Begriff von der unendlichen Feinheit der organischen Materie und der unbegreiflichen Complication der in derselben stattfindenden Molecular-Bewegungen, zu deren richtiger Würdigung gegenwärtig weder das Beobachtungs-Vermögen unserer Sinne, noch das Denk-Vermögen unsers Verstandes ausreicht.

In der auffallendsten Weise offenbart sich das Gesetz der homotopen oder gleichörtlichen Vererbung in den häufigen Fällen, in denen ein menschliches Individuum eine ihm eigenthümliche, von seinen Voreltern nicht besessene, und äusserlich leicht wahrnehmbare Veränderung in der Grösse, Form, Farbe etc. eines bestimmten Organs zeigt, die sich gleicherweise an dem gleichen Organe seiner Nachkommen wiederholt. Sehr deutlich ist dies wahrzunehmen an den sogenannten „Muttermalen“ oder „Leberflecken“, localen Pigmentanhäufungen an den verschiedensten Stellen der Haut, die sehr häufig bei allen oder doch bei einigen Nachkommen dieses Individuums Generationen hindurch an genau derselben Stelle der Haut wieder erscheinen. Dasselbe zeigen sehr auffallend die gefleckten Spielarten unserer Hausthiere und Culturpflanzen, bei denen unter gewissen Bedingungen dieser oder jener auffallende Pigmentfleck, der unvermittelt in einer Generation zum ersten Male aufgetreten ist, nun in ganz gleicher Form, Grösse und Farbe an derselben Stelle des Körpers der Nachkommen wieder auftritt. Ferner ist dasselbe bekanntlich in ausgezeichneter Weise an vielen pathologischen Erscheinungen wahrzunehmen. Eine krankhafte Veränderung eines inneren oder äusseren Organs, (z. B. eine Hypertrophie, Atrophie, chronische Entzündung), welche von einer einzelnen Person während ihres Lebens erworben ist, kehrt sehr oft in genau derselben

Form an demselben Organe der Nachkommenschaft wieder. Wenn wir aber vom weiteren Standpunkte aus das Gesetz der homotopen oder gleichörtlichen Vererbung betrachten, so erkennen wir darin, wie in dem folgenden Gesetze der homochronen oder gleichzeitlichen Vererbung eines der ersten und wichtigsten Grundgesetze der gesammten Embryologie und der Ontogenie überhaupt.

9. Gesetz der gleichzeitlichen Vererbung.

(Lex hereditatis homochronae.)

Alle Organismen können die bestimmten Veränderungen, welche sie zu irgend einer Zeit ihrer individuellen Existenz durch Anpassung erworben haben, und welche ihre Vorfahren nicht besassen, genau in derselben Lebenszeit auf ihre Nachkommen vererben.

Dieses Gesetz ist gleich dem vorigen von der äussersten Wichtigkeit für die Erklärung der allgemeinen Erscheinungen der Embryologie und der Ontogenie überhaupt. Darwin, der zuerst hierauf hingewiesen hat, nennt dasselbe das „Gesetz der Vererbung in correspondirendem Lebens-Alter.“ Bequemer ist der kürzere Ausdruck: Gesetz der gleichzeitlichen (oder homochronen) Vererbung. Auch die Wirkungen dieses Gesetzes sind, wie die des vorigen, so alltäglich zu beobachtende, und so allgemeine, dass sie eben desshalb noch niemals besondere Bewunderung erregt und zu eingehender Untersuchung Veranlassung gegeben haben. Und doch sind auch sie von der grössten biologischen Bedeutung, und gehören zu den wunderbarsten und am schwersten zu erklärenden Erscheinungen, welche überhaupt in der Natur vorkommen. Denn ist nicht wirklich die allbekannte Thatsache äusserst wunderbar, dass eine bestimmte Veränderung, welche der Körper eines Organismus zu irgend einer Zeit seines Lebens erlitten hat, genau zu derselben Zeit auch an seinen Nachkommen wiederkehrt? Auch hier können wir kaum begreifen, wie die feinen Molecularbewegungen des Plasma, welche solchen Veränderungen zu Grunde liegen, beim Zeugungsact in der Weise mittelst des Sperma oder des Eies auf den gezeugten kindlichen Organismus von den Eltern übertragen werden, dass sie eine ganz bestimmte Zeit hindurch an dem Kinde nicht zur Erscheinung kommen (also latent existiren) und erst dann bemerkbar werden, wenn der kindliche Organismus in dieselbe Lebensperiode eingetreten ist, in welcher der elterliche jene Veränderung erworben hat.

Die Beispiele auch für diesen höchst wunderbaren Vorgang sind in der That zahllose, da die gesammte individuelle Entwickelungsgeschichte der Organismen als Illustration dieses Gesetzes angesehen werden mu[illegible] sonders auffallende Beispiele liefert aber auch hier wie[illegible] differenzirte und so mannichfaltig abändernde mensch-

liche Organismus. Namentlich sind hier häufig und allbekannt viele merkwürdige Thatsachen aus der Pathologie, wie z. B. die gleichzeitliche Vererbung von Krankheiten der Ernährungsorgane, des Darmes, der Leber, der Lungen etc. Alle diese Erkrankungen wiederholen sich gewöhnlich in den Familien, wo sie erblich werden, an den Nachkommen genau zu derselben Zeit, zu welcher die Eltern sie zum ersten Male erworben haben. Ferner sehen wir dasselbe Gesetz bestätigt an unseren Hausthieren und Culturpflanzen, wo ebenfalls sehr häufig auffallende äussere Veränderungen (z. B. in Form und Grösse einzelner Organe), die in späterer Lebenszeit erst von einem einzelnen Individuum erworben wurden, sich auf die Nachkommen desselben vererben, anfänglich aber latent sind, und erst dann sichtbar werden, wenn das entsprechende spätere Lebensalter erreicht ist. Wenn dagegen eine tiefe Veränderung der Organisation, wie es sehr häufig der Fall ist, bereits in sehr früher Lebenszeit des Individuums, während seiner embryonalen Entwickelung eintritt, so erscheint dieselbe auch an seinen Nachkommen zur selbigen frühen Zeit wieder, und es werden die letzteren, gleich dem ersteren, bereits mit dieser Veränderung geboren.

Auch dieses äusserst wichtige, von den Erscheinungen der embryonalen Entwickelung (Ontogenese) inductiv abgeleitete Gesetz der homochronen Vererbung erlaubt gleich demjenigen der homotopen Vererbung die weiteste deductive Anwendung auf das Gebiet der parallelen palaeontologischen Entwickelung (Phylogenie) und es ergiebt sich hieraus z. B., warum die Kälber hörnerlos geboren werden und ihre Hörner erst später erhalten, warum die Kaulquappen zuerst in fischähnlicher Form existiren und erst später die ausgebildete schwanzlose Froschform annehmen u. s. w.

V. Veränderlichkeit und Anpassung.

(Variabilitas. Adaptatio.)

V, A. Thatsache und Ursache der Anpassung.

Die **Anpassungsfähigkeit** (Adaptabilitas) oder **Veränderlichkeit** (Variabilitas) als **virtuelle Kraft**, und die **Anpassung** (Adaptatio) oder **Abänderung** (Variatio) als **actuelle Leistung** der organischen Individuen, sind allgemeine **physiologische Functionen** der Organismen, welche mit der fundamentalen Function der **Ernährung** unmittelbar zusammenhängen und eigentlich nur eine Theilerscheinung der letzteren darstellen. Sie äussern sich in der Thatsache, dass jeder Organismus sich während seiner individuellen Existenz in einer von den Erblichkeits-Gesetzen unabhängigen Weise, lediglich durch den Einfluss der ihn umgebenden Existenzbedingungen,

verändern, sich den letzteren anpassen und also Eigenschaften erwerben kann, welche seine Voreltern nicht besassen. Diese Erscheinung ist, wie die Erblichkeit, eine so allgemeine und alltäglich zu beobachtende, dass sie, eben wegen dieser Allgemeinheit, von der gewöhnlichen oberflächlichen Naturbetrachtung entweder gar nicht in Betracht gezogen oder doch in ihrer fundamentalen Bedeutung für die Charakterbildung des ganzen Organismus bei weitem unterschätzt wird. Am bekanntesten, weil von unmittelbarer praktischer Bedeutung, sind diejenigen Erscheinungen der Veränderlichkeit und Anpassung, welche als Angewöhnung, Erziehung, Dressur, Erkrankung u. s. w. so vielfältig in das Culturleben des Menschen eingreifen. Alle diese Erscheinungen beruhen auf Veränderungen der Organismen, die durch ihre Anpassungsfähigkeit bedingt sind. Der allgemeinste Ausdruck für das Grundgesetz der Anpassung dürfte sich in dem Satze finden lassen: „Kein organisches Individuum bleibt den anderen absolut gleich.“

Die Ursachen der Veränderlichkeit und die Gesetze ihrer vielfachen Modificationen sind, ebenso wie diejenigen der Erblichkeit, bisher noch äusserst wenig untersucht. Sie hängen aber offenbar direct zusammen mit den Gesetzen der Selbsterhaltung und speciell mit den Gesetzen der Ernährung des Organismus; und bestehen wesentlich in einer materiellen Wechselwirkung zwischen Theilen des Organismus und der ihn umgebenden Aussenwelt. Alle, auch die verschiedenartigsten und scheinbar von der Ernährungsfunction unabhängigsten Anpassungs-Erscheinungen sind physiologische Functionen, welche sich in letzter Instanz als Ernährungs-Veränderungen des Organismus nachweisen lassen. Wenn wir sagen, dass diese oder jene Veränderung des Körpers „durch Uebung, durch Gewohnheit, durch Wechselbeziehungen der Entwickelung“ u. s. w. entstehe, so erscheint es zunächst, dass diese Ursachen der Anpassung ganz selbstständige organische Functionen seien. Sobald wir aber denselben näher nachgehen und auf den Grund derselben zu kommen suchen, so gelangen wir zu dem Resultate, dass alle diese Functionen ohne Ausnahme zuletzt wieder von der Ernährungs-Function abhängig sind. Die Veränderlichkeit oder Anpassungs-Fähigkeit ist also keinesweges eine besondere organische Function, wie dies sehr häufig angenommen wird. Vielmehr ist es sehr wichtig festzuhalten, dass alle Anpassungs-Erscheinungen in letzter Instanz auf Ernährungs-Vorgängen beruhen, und dass die materiellen, physikalisch-chemischen Processe der Ernährung ebenso die mechanischen Causae efficientes der Anpassung und der Abänderung sind, wie die materiellen physiologischen Processe der Fortpflanzung die bewirkenden Ursachen der Vererbung sind.

Wie wir im dritten Abschnitt des fünften Capitels ausführten, ist die gesammte Form jedes individuellen Naturkörpers das nothwendige Resultat aus der Wechselwirkung zweier entgegengesetzter Potenzen, eines äusseren und eines inneren Bildungstriebes. Bei allen organischen Individuen ist der äussere Bildungstrieb oder die äussere Gestaltungskraft (Vis plastica externa) identisch mit der physikalisch-chemischen Wechselwirkung des Organismus und der umgebenden Aussenwelt, und insofern diese durch die Ernährung vermittelt wird, identisch mit der Anpassung.

V, B. Anpassung und Ernährung.

Die Ernährung (Nutritio), welche auf dem organischen Stoffwechsel beruht, haben wir im fünften Capitel des zweiten Buches als die allgemeinste und fundamentalste physiologische Function aller Organismen nachgewiesen, als diejenige, welche zum Bestehen aller Organismen ohne Ausnahme nothwendig ist, und als diejenige, aus welcher alle übrigen Functionen, auch die Fortpflanzung, unmittelbar oder mittelbar sich ableiten lassen. Die Ernährung ist zugleich diejenige physikalisch-chemische Leistung der Organismen, welche dieselben am durchgreifendsten von den Anorganen unterscheidet. Die Selbsterhaltung der organischen Individuen ist nur durch den mit der Ernährung unzertrennlich verbundenen Stoffwechsel möglich, während die Selbsterhaltung der anorganischen Individuen (Krystalle etc.) gerade umgekehrt nur durch den Ausschluss jedes Stoffwechsels, durch das Beharren in der durch das Wachsthum erlangten Form möglich ist. Die Existenz der anorganischen Individuen ist also an die Constanz der gegenseitigen Lagerung und Verbindung der Moleküle ihres Körpers, die Existenz der organischen Individuen gerade umgekehrt an den Wechsel der gegenseitigen Lagerung und Verbindung der Moleküle ihres Körpers geknüpft, und an den Ersatz der durch die Lebensthätigkeit verbrauchten Stofftheilchen durch neue Stofftheilchen, welche von aussen aufgenommen werden. Dieser Stoffwechsel, welcher allen Ernährungs-Erscheinungen zu Grunde liegt, ist nun zugleich die Ursache und die Grundbedingung aller der Veränderungen, welche der Organismus durch Anpassung eingeht.

Wenn wir die letzten Ursachen des Stoffwechsels aufsuchen, so gelangen wir wiederum zu den eigenthümlichen, im fünften Capitel ausführlich erörterten chemischen und physikalischen Eigenschaften der „organischen" Materien, und vor allen der wichtigsten und complicirtesten dieser Kohlenstoff-Verbindungen, der Eiweisskörper oder Albuminate. Die ausserordentliche Imbibitionsfähigkeit dieser Materien, ihr starkes Vermögen, durch Quellung bedeutende Flüssigkeitsmengen zwi-

schen die Moleküle aufzunehmen, bedingt die Möglichkeit, beständig die durch die Lebensthätigkeit verbrauchten Stoffe nach aussen abzuführen, und dagegen neue brauchbare Stoffe von aussen einzuführen, zu assimiliren. Die complicirte und lockere Verbindung der Atome in diesen Albuminaten zu höchst zusammengesetzten und leicht zersetzbaren Atomgruppen bedingt ihre ausserordentliche Fähigkeit der Umsetzung, ihr ausgezeichnetes Vermögen, sich selbst zu verändern und verändernd, metabolisch auf die benachbarten Stoffe einzuwirken. Dadurch ist aber zugleich den umgebenden Materien der Aussenwelt Gelegenheit gegeben, vielfach ändernd auf diese Eiweiss-Verbindungen einzuwirken, und in dieser Wechselwirkung zwischen beiden beruhen die Vorgänge der Ernährung und die unmittelbar damit zusammenhängenden Vorgänge der Veränderung der organischen Formen, der Anpassung.

Wir wissen, dass die complicirten Kohlenstoff-Verbindungen der Eiweissgruppe die „lebendigen Materien" κατ' ἐξοχήν, die vorzugsweise activen „Lebensstoffe" sind, dass von ihnen als individualisirten Albuminatstücken (Plastiden) die Bildung der übrigen organischen Materien ausgeht. Alle organischen Individuen sind entweder einfache (einzelne Plastiden) oder zusammengesetzte (Plastiden-Complexe). Das einfache Individuum bleibt entweder, als Moner, auf der untersten Stufe eines ganz einfachen, formlosen oder geformten Albuminatklumpens stehen (nackter Plasma-Klumpen oder Gymnocytode), oder es entwickelt sich der individualisirte Eiweissklumpen durch Differenzirung von Plasma und Hülle (Membran) zur Lepocytode, oder weiterhin durch Differenzirung von Plasma und Kern zur Zelle. Die wachsende Plastide vermehrt sich, wenn das Wachsthum die Grenze des individuellen Maases überschreitet, durch monogone Fortpflanzung, meistens durch Theilung oder Knospung. Ist die Ablösung des neu erzeugten Individuums unvollständig, so entsteht ein zusammengesetzter polyplastider Organismus, ein Form-Individuum zweiter oder höherer Ordnung, welches aus mehreren morphologischen Individuen erster Ordnung zusammengesetzt ist. Alle die unendlich mannichfaltigen Formen und Functionen, welche wir an diesen zusammengesetzten Organismen wahrnehmen, sind bedingt durch unendlich mannichfaltige Modificationen in der Lagerung der Moleküle in jenen Plastiden oder Eiweissklumpen, welche als Individuen erster Ordnung die letzten wirksamen Lebenseinheiten sind. Jene unendlich verschiedenartige Lagerung der Moleküle ist wiederum in der verschiedenartigen Ernährung der Plastiden begründet, d. h. in der verschiedenartigen Wechselwirkung ihrer Plasma-Moleküle mit den verschiedenen Stoff-Molekülen ihrer Umgebung, und dieser unendlich complicirte und verschiedenartige Stoff-

wechsel ist die wirkende Ursache der unendlich complicirten und verschiedenartigen Anpassungen.

V, C. Grad der Anpassung.

Wenn wir die vorhergehenden, im fünften Capitel näher begründeten Erwägungen stets im Sinne behalten, so finden wir, dass alle die unendlich mannichfaltigen und scheinbar so äusserst zweckmässigen Anpassungen der Formen und Functionen der Organismen in letzter Instanz nichts Anderes sind, als nothwendige Folgen des unendlich mannichfaltigen Stoffwechsels, der unendlich mannichfaltigen Wechselwirkung zwischen den constituirenden Plastiden der Organismen und der sie umgebenden Aussenwelt, den unendlich mannichfaltigen Existenz-Bedingungen. Es waltet also auch hier, wie überall in der Natur, das allgemeine Causal-Gesetz. Jede Veränderung, jede Anpassung eines Organismus ist die nothwendige Folge aus dem Zusammenwirken von mehreren Ursachen, und zwar aus der Wechselwirkung der materiellen Theile des Organismus selbst und der materiellen Theile seiner Umgebung. Es muss demnach auch der Grad der Abänderung oder Anpassung dem Grade der Veränderung in den äusseren Existenz-Bedingungen entsprechen, welche mit dem Organismus in Wechselwirkung stehen. Je grösser die Verschiedenheit in den Existenz-Bedingungen ist, unter welchen der Organismus und unter welchen seine Eltern leben, desto intensiver wird die Einwirkung der ersteren sein, und desto grösser die Abänderung, d. h. die Differenz in der Beschaffenheit des kindlichen (angepassten) und des elterlichen Organismus. Ebenso wird diese Differenz (die Anpassung) um so stärker sein, je längere Zeit hindurch die umbildenden neuen Existenz-Bedingungen auf den kindlichen Organismus einwirken. Der Grad der Anpassung ist also mit Nothwendigkeit causal bedingt durch den Grad und die Zeitdauer der Einwirkung veränderter Lebensbedingungen auf den Organismus. Der Grad der Wirkung steht in bestimmtem Verhältnisse zum Grade der Ursache. So einfach und selbstverständlich dieses Gesetz ist, so wird es dennoch vielleicht nirgends häufiger übersehen und ignorirt, als in der Lehre von den Abänderungen und Anpassungen der Organismen, von denen viele (und wohl die meisten!) Morphologen die Ansicht haben, das sie „von selbst", d. h. ohne bestimmte vorhergegangene Ursache entstünden, oder gar in Folge eines ausserhalb der Materie befindlichen „schöpferischen Gedankens". Dem gegenüber heben wir hier als oberstes Grundgesetz der Anpassung ausdrücklich folgenden Satz hervor: „Jede Anpassungs-Erscheinung (Abänderung) der Organismen ist durch die materielle Wechselwirkung zwischen der Materie des Organismus und der Materie, welche denselben als Aussenwelt umgiebt, bedingt, und der

Grad der Abänderung (d. h. der Grad der morphologischen und physiologischen Ungleichheit zwischen dem abgeänderten Organismus und seinen Eltern) steht in geradem Verhältnisse zu der Zeitdauer und zu der Intensität der materiellen Wechselwirkung zwischen dem Organismus und den veränderten Existenz-Bedingungen der Aussenwelt."

V, D. Indirecte und directe Anpassung.

Bevor wir den Versuch machen, diejenigen Erscheinungen der Anpassung, welche als mehr oder minder bedeutende allgemeine Gesetze der Variabilität sich schon gegenwärtig formuliren lassen, zu unterscheiden, ist es nothwendig, den Unterschied hervorzuheben, welcher zwischen zwei wesentlich verschiedenen Hauptformen der Anpassung, der directen und der indirecten Adaptation besteht. Zwar ist dieser Unterschied bisher noch kaum urgirt worden; doch erscheint er uns von solcher Bedeutung, dass wir glauben, alle verschiedenen Variabilitäts-Phaenomene entweder als Wirkungen der directen oder der indirecten Anpassung betrachten zu können.

Directe Anpassungen nennen wir solche, welche durch eine unmittelbare Ernährungs-Veränderung des Organismus zu irgend einer Zeit seiner individuellen Existenz veranlasst werden und noch während derselben durch bestimmte Veränderungen der Mischung, Function und Form in die Erscheinung treten. Indirecte Anpassungen dagegen nennen wir diejenigen Ernährungs-Veränderungen des Organismus, welche erst in den von ihm erzeugten Nachkommen, also mittelbar, ihre Wirkung äussern, und bestimmte Veränderungen in der Mischung, Form und Function des kindlichen Organismus zur Erscheinung bringen, welche an dem unmittelbar betroffenen elterlichen Organismus nicht sichtbar wurden.

Um diesen wichtigen Unterschied richtig zu würdigen, müssen wir zuerst die Grenzen und den Begriff der individuellen Existenz, und namentlich deren Beginn scharf zu bestimmen suchen. So einfach und leicht diese Aufgabe zunächst erscheint, so zeigt doch eine eingehende Vergleichung bald, dass ihre Lösung oft äusserst schwierig und in vielen Fällen ganz unmöglich ist. Eigentlich müssten wir jedes durch Fortpflanzung erzeugte organische Individuum von dem Momente an für selbstständig erklären, in welchem es als selbstständiges Wachsthumscentrum den übrigen Theilen des elterlichen Organismus gegenübertritt. Doch ist dieses Moment niemals scharf zu bezeichnen. Andererseits könnte man bei der ungeschlechtlichen Fortpflanzung den Beginn der individuellen Existenz in das Moment setzen, in welchem das kindliche Individum sich von dem elterlichen räumlich vollständig trennt; bei der Theilung, Knospenbildung, Keim-

bildung also in das Moment, in welchem aus einem Körper zwei oder mehrere räumlich getrennt werden, entweder durch eine vollständige Spaltungsebene oder durch Bildung einer realen Scheidewand. Allein in zahlreichen, nahe mit dieser vollständigen Trennung verbundenen Fällen erfolgt die räumliche Loslösung oder die Bildung eines vollständigen realen Septum thatsächlich nicht, so z. B. bei der unvollständigen Theilung und Knospenbildung; und es ist dann oft ganz ebenso unmöglich, zeitlich wie räumlich, die Grenze des selbstständigen und unselbstständigen individuellen Lebens zu fixiren. Bei der geschlechtlichen Fortpflanzung werden wir den Beginn der individuellen selbstständigen Existenz allgemein in das Moment der Befruchtung setzen können. In diesem Moment hört das Ei auf, ein reiner Bestandtheil des mütterlichen Organismus zu sein, und verschmilzt durch wahre materielle Vermischung mit dem väterlichen Sperma zu einem neuen Individuum, welches weder Ei noch Sperma allein, sondern eine wirkliche Verbindung von beiden, ein neuer, dritter Körper ist. Die weitere Entwickelung dieses befruchteten Eies zum selbstständigen kindlichen Individuum kann zwar äusserlich noch längere Zeit vom mütterlichen Organismus abhängig erscheinen (wie bei den lebendig gebärenden Thieren, den Phanerogamen etc., wo sich der Embryo innerhalb des mütterlichen Organismus bis zu einem gewissen Grade entwickelt. Allein durch das Moment der Befruchtung ist der Beginn der individuellen Entwickelungs-Bewegung, des selbstständigen Wachsthums und überhaupt der physiologischen Selbstständigkeit des neu erzeugten Organismus bestimmt bezeichnet, und der mütterliche Organismus, mag er mit dem kindlichen noch so eng (wie bei den Säugethieren) verbunden erscheinen, ist eben so gut, wie der väterliche, für den kindlichen doch nur Aussenwelt, äussere Existenz-Bedingung. Wenn daher der kindliche Organismus hier schon, noch während seiner embryonalen Entwickelung, Veränderungen erfährt (z. B. monströse Ausbildung einzelner Theile durch mechanische, experimentell herbeigeführte Störung der Entwickelung), so sind diese Veränderungen wirkliche directe Anpassungen. Wir haben sie als solche eben so gut zu bezeichnen, wie in denjenigen Fällen, in welchen der Beginn der individuellen selbstständigen Existenz mit einer vollständigen räumlichen Trennung des elterlichen und kindlichen Organismus verbunden ist (z. B. bei der vollständigen Theilung einzelliger Protisten, der Diatomeen etc., und der Zellen innerhalb mehrzelliger Organismen).

Anders aber steht es in den eben berührten Fällen, in denen eine solche natürliche Begrenzung des Beginnes der individuellen Existenz nicht möglich ist. Hier können wir nicht so scharf zwischen der directen und indirecten Anpassung unterscheiden, weil die Ernährung

der beiden Organismen, des elterlichen und kindlichen, gemeinsam bleibt und wegen der fortdauernden Continuität beider (z. B. bei der Stockbildung durch unvollständige Knospenbildung) eine beständige nutritive Wechselwirkung zwischen beiden fortdauert. Der theoretische Unterschied zwischen der directen und indirecten Anpassung ist freilich auch hier klar. Im ersteren Falle beruht die morphologische und physiologische Abänderung stets in einer Veränderung der Ernährung des angepassten Individuums selbst; im letzteren Falle dagegen auf einer Ernährungs-Veränderung, welche sowohl allein vom kindlichen, als allein vom elterlichen Organismus, als endlich auch gemischt von beiden zusammen ausgehen kann. Im concreten einzelnen Falle wird es aber ganz unmöglich sein, die Grenze zwischen diesen drei abstracten Möglichkeiten scharf zu bestimmen, ebenso unmöglich, als die Grenze der nutritiven Selbstständigkeit zwischen dem continuirlich materiell zusammenhängenden elterlichen und kindlichen Organismus scharf festzustellen ist. Wie die Knospen, welche unvollständig getrennt zu einem Stocke verbunden bleiben, so verhalten sich in dieser Beziehung auch diejenigen kindlichen Organismen, welche durch Polysporogonie und durch Parthenogonie entstehen. Die letztere erscheint auch in dieser Beziehung als ein wahrer Uebergang von der ungeschlechtlichen zur geschlechtlichen Fortpflanzung. Bei den Bienen z. B., wo wir den Beginn der selbstständigen individuellen Existenz, also den Beginn zugleich der individuellen Entwickelung und Anpassung auf das Moment der Befruchtung für die aus befruchteten Eiern sich entwickelnden weiblichen Individuen (Königinnen und Arbeiterinnen) festsetzen können, ist dies für die aus unbefruchteten Eiern entstehenden männlichen Individuen (die Drohnen) nicht möglich. Ebenso müssen wir in zahlreichen anderen Fällen theils aus theoretischen, theils aus practischen Gründen darauf verzichten, den Beginn der individuellen Existenz, d. h. der virtuellen physiologischen Individualität des Organismus scharf zu fixiren, weil sich hier die Trennung der materiellen Continuität zwischen elterlichem und kindlichem Organismus entweder niemals vollständig, oder nur ganz allmählich und unmerklich vollzieht.

Obwohl es also in diesen und in vielen anderen Fällen nicht möglich ist, die Grenze der nutritiven Selbstständigkeit des kindlichen Individuums scharf zu bestimmen, wird dadurch doch der Unterschied zwischen der indirecten und der directen Anpassung keinesweges aufgehoben. Denn es ist klar, dass der Begriff der individuellen Anpassung eigentlich streng genommen nur auf diejenigen Fälle der Abänderung angewendet werden kann, in denen die Abänderung thatsächlich durch Wechselwirkung zwischen den selbstständigen Individuen und der Aussenwelt erfolgt. Nur in diesen Fällen ist es lediglich eine Veränderung in der Ernährung dieses einzelnen Individuums,

welche der Anpassung zu Grunde liegt. In den zahlreichen Fällen dagegen, wo dieselbe ein nicht vollkommen selbstständiges Individuum betrifft, ist es unmöglich, zu sagen, wieviel von der erworbenen Veränderung auf Kosten einer Ernährungs-Veränderung des Individuums selbst kömmt, wieviel auf Kosten einer Ernährungs-Veränderung des elterlichen Organismus, welcher mit dem kindlichen noch in bleibender Wechselwirkung, in unmittelbarer materieller Continuität und beständigem Stoffaustausch verharrt.

Diese Erwägung ist, wie Darwin zuerst gezeigt hat, von äusserster Wichtigkeit. Denn thatsächlich lehrt die Erfahrung, dass Ernährungs-Veränderungen, welche den elterlichen Organismus betreffen, und welche an diesem selbst nur eine geringe, oft in Form und Function nicht wahrnehmbare Mischungs-Veränderung hervorbringen, in ihrer Wirkung auf den kindlichen, von jenem erzeugten Organismus sehr bedeutende, in Form und Function oft äusserst auffallende Abänderungen hervorbringen. Obwohl also hier die wirkende Ursache bloss den elterlichen Organismus trifft, kommt sie doch nicht an diesem, sondern erst an dem kindlichen Organismus zur Erscheinung. Dieses wichtige Gesetz zeigt sich äusserst auffallend bei unseren Hausthieren und Culturpflanzen, bei denen wir nicht selten im Stande sind, durch ganz bestimmte Beeinflussung ihrer Ernährung ganz bestimmte Veränderungen in Form und Function zu erzielen, welche aber nicht an ihnen selbst, sondern erst an ihren Nachkommen in die Erscheinung treten. Dies gilt aber nicht nur für alle oben erwähnten Fälle von unvollständiger Trennung des elterlichen und kindlichen Organismus, sondern es gilt auch für alle Fälle von vollständiger Trennung und namentlich auch für alle Fälle von geschlechtlicher Fortpflanzung. Es zeigt sich hier die höchst merkwürdige und wichtige Thatsache, dass selbst leichte Ernährungs-Veränderungen, welche in den meisten Organen und Functionen des elterlichen Organismus keine bemerkbare oder nur eine ganz unbedeutende Abänderung bewirken, auf die Geschlechtsorgane desselben (nach dem Gesetz von der Wechselbeziehung der Organe) eine verhältnissmässig colossale Wirkung ausüben, und namentlich auf die noch nicht vereinigten Geschlechtsproducte (Sperma und Eier) so bedeutend einwirken, dass diese Einwirkung nach erfolgter Vereinigung derselben (Befruchtung) in Abänderungen der Form und Function des kindlichen Organismus äusserst auffallend hervortritt. Allerdings sind uns im Einzelnen diese höchst wichtigen nutritiven Wechselbeziehungen zwischen den Fortpflanzungsorganen und den übrigen Theilen des Organismus noch fast ganz unbekannt, und zum grössten Theil sehr räthselhaft. Allgemeine und sehr merkwürdige Beweise für deren Existenz besitzen wir aber sehr viele, wie z. B. die bekannten Veränderungen im Stimmorgan, in der Fettbildung und in

den psychischen Thätigkeiten bei castrirten männlichen Thieren; ferner die wichtige Thatsache, dass schon leichte Ernährungs-Störungen, und bei vielen wilden Thieren sogar schon der Verlust ihrer natürlichen Freiheit und das Leben in Gefangenschaft ausreichen, um sie vollständig unfruchtbar zu machen. So pflanzen sich z. B. die Affen und die bärenartigen Raubthiere, der Elephant, die Raubvögel, Papageyen und viele andere Thiere, ebenso auch viele Pflanzen-Arten, in der Gefangenschaft und im Culturzustande niemals oder nur sehr selten fort, während andere dies regelmässig thun. Oft genügt schon übermässig reichliche Nahrung, um Sterilität (und zugleich vielfache Variationen) hervorzurufen. Ebenso wie die Sterilität, wird aber auch die Production einer sehr abweichenden und selbst monströsen Nachkommenschaft sehr oft lediglich durch derartige Ernährungs-Störungen des elterlichen Organismus bedingt, ohne dass er selbst bereits die auffallenden Charaktere seiner Kinder ausgebildet zeigt.

Diese äusserst wichtige Erscheinung, welche wir bei allen Arten der Fortpflanzung beobachten, und welche uns wiederum den innigen Zusammenhang zwischen der Fortpflanzung und Ernährung vor Augen führt, lässt sich, streng genommen, nicht als individuelle Anpassung bezeichnen, insofern es nicht das selbstständige Individuum ist, welches die Abänderung durch Wechselwirkung mit der Aussenwelt erfährt. Vielmehr wird der Grund der Abänderung vermittelst der materiellen Grundlage des elterlichen Organismus in diejenige des kindlichen Individuums gelegt, schon bevor dasselbe sich überhaupt vom elterlichen Organismus irgendwie isolirt hat. Eine individuelle Ernährungs-Modification des letztern ist die eigentliche erste Ursache. Es wird also die Anlage zur Abänderung bereits im elterlichen Organismus (durch die Ernährung) bewirkt und von diesem auf den kindlichen Organismus (durch die Fortpflanzung) übertragen. In letzterer Hinsicht könnte man versucht sein, den Vorgang eher eine Erscheinung der Vererbung, als der Anpassung zu nennen. Allein der wesentliche Unterschied von der Vererbung liegt darin, dass bei dieser letzteren die (chemischen, physiologischen, morphologischen) Eigenschaften, welche der elterliche Organismus auf den kindlichen überträgt, bei dem elterlichen bereits wirklich entwickelt in die Erscheinung getreten waren und also nicht bloss *potentia*, sondern auch *actu* in ihm vorhanden waren. Im ersteren Falle dagegen sind jene Eigenschaften in dem elterlichen Organismus bloss *potentia*, nicht *actu* vorhanden, und zwar latent in dem Keime des kindlichen Organismus, bei dessen Entwickelung erst sie in die Erscheinung treten. Wir können daher diesen Vorgang seinem Wesen nach nicht als eine Erblichkeits-Erscheinung, sondern müssen ihn als eine Anpassungs-Erscheinung auffassen, wenngleich wir hervorheben müssen, dass er eine

unmittelbare Uebergangsstufe zwischen den entgegengesetzten und entgegenwirkenden Erscheinungen der Vererbung (die mit der Fortpflanzung) und der eigentlichen individuellen Anpassung (die mit der Ernährung zusammenhängt), darstellt. Um ihn von der letzteren, der actuellen oder directen Anpassung zu unterscheiden, wollen wir ihn ein für allemal als indirecte oder potentielle Anpassung bezeichnen. Alle Anpassungen, welche bei den Organismen vorkommen, gehören einer von diesen beiden Kategorieen an.

Das Gesetz der indirecten oder potentiellen Anpassung oder der Abänderung des Organismus durch Ernährungs-Modificationen seines elterlichen Organismus lässt sich demnach folgendermaassen formuliren: „Jeder Organismus kann durch Wechselwirkung mit der umgebenden Aussenwelt nutritive Veränderungen erleiden, welche nicht in seiner eigenen Formbildung, sondern erst mittelbar in der Formbildung seiner Nachkommenschaft, als indirecte Anpassung, in die Erscheinung treten."

Das Gesetz der directen oder actuellen Anpassung oder der Abänderung des Organismus durch eigene, ihn selbst betreffende Ernährungs-Modificationen würde dagegen lauten: „Jeder Organismus kann durch Wechselwirkung mit der umgebenden Aussenwelt nutritive Veränderungen erleiden, welche unmittelbar in seiner eigenen Formbildung, als directe Anpassung, in die Erscheinung treten." Hierher gehören die meisten Fälle individueller Abänderungen, welche man gewöhnlich als Anpassung (im engeren Sinne) bezeichnet.

Wenn wir nunmehr an die Betrachtung der verschiedenen Gesetze der indirecten und der directen Anpassung herantreten, welche wir gegenwärtig unterscheiden zu können glauben, so müssen wir zunächst leider dieselbe Bemerkung vorausschicken, welche wir so eben bei Besprechung der Erblichkeits-Gesetze gemacht haben, dass wir uns nämlich auf einem eben so ausgedehnten als wichtigen Gebiete der Biologie befinden, auf welchem fast noch Nichts geschehen ist, um die werthvollen daselbst verborgen liegenden Schätze zu heben. Zwar sind den Zoologen und Botanikern, seitdem Linné das systematische Studium der äusseren Morphologie begründete, zahllose Varietäten, Rassen, Spielarten und andere Abänderungs-Formen der sogenannten „guten Arten" bekannt geworden, und der grösste Theil der zoologischen und botanischen Literatur ist mit Beschreibung dieser zahllosen Abänderungsformen gefüllt und mit den unnützesten und hirnlosesten Streitigkeiten über die Frage, ob diese oder jene Form als „gute Art" oder bloss als Unterart, als Gattung oder als Varietät, als Rasse oder

nur als individuelle Abänderung zu deuten sei. Da indessen die meisten hierauf bezüglichen Untersuchungen nur mit einem höchst beschränkten Materiale und mit einem noch mehr beschränkten Verstande angestellt sind, so haben dieselben keinen oder nur sehr geringen wissenschaftlichen Werth. Die meisten Botaniker und Zoologen, die ihr Leben mit solchen unnützen Spielereien zugebracht haben, sind ohne alle philosophische Basis zu Werke gegangen und haben sich weder die Mühe gegeben, über die eigentliche Bedeutung der Begriffe „Art, Unterart, Rasse, Abart, Varietät, Spielart etc." nachzudenken, noch über die Ursachen, durch welche die thatsächlichen Verschiedenheiten dieser subordinirten Kategorieen entstanden sind. An eine wissenschaftliche Untersuchung der Abänderungs-Gesetze hat aber vor Darwin fast noch Niemand gedacht und auch Darwin hat mehr Verdienst um die klare Hervorhebung der causalen Verhältnisse der Abänderungen, als um die ordnungsgemässe Unterscheidung ihrer verschiedenen Modificationen, die in diesem Chaos von ungeordneten Thatsachen allerdings eben so schwierig als wichtig ist. Unter diesen Umständen können wir eine vollständige Erkenntniss der mannichfaltigen Verhältnisse erst von der intelligenten Morphologie der Zukunft hoffen, welche bemüht sein wird, grade die feinen individuellen Unterschiede und die geringen Differenzen der Varietäten, Rassen etc. sorgfältig zu wägen und daraus zusammenhängende Entwickelungsreihen herzustellen, während die bisherige künstliche Systematik grade das Gegentheil erstrebte und nur bemüht war, die Arten scharf zu trennen, indem sie die vorhandenen Zwischenformen bei Seite schob und ignorirte. Der folgende Versuch, die verschiedenen Abänderungs-Erscheinungen als geordnete Gesetze aufzuführen, kann unter diesen Umständen nur ein ganz provisorischer sein.

V, E. Gesetze der Anpassung.

E a. Gesetze der indirecten oder potentiellen Anpassung.

1. Gesetz der individuellen Abänderung.

(Lex variationis individualis.)

Alle organischen Individuen sind von Beginn ihrer individuellen Existenz an ungleich, wenn auch oft höchst ähnlich.

Dieses wichtige Gesetz der individuellen Abänderung, welches wir auch das der angeborenen Ungleichheit nennen könnten, ist das allgemeinste, welches sich auf die Abänderungs-Verhältnisse bezieht und steht unmittelbar gegenüber dem allgemeinsten Vererbungs-Gesetze, wonach die unmittelbaren Descendenten der Organismen ihren Eltern entweder nahezu gleich oder doch sehr ähnlich sind. Beide Gesetze

widersprechen sich nicht. Denn wenn auch alle Individuen einer und derselben „Art“ oder „Abart“ noch so sehr ähnlich sein mögen, und wenn wir auch mit unseren besten Hülfsmitteln keine Unterschiede zwischen denselben wahrnehmen können, so haben wir doch Gründe genug zu der Annahme, dass niemals oder doch nur höchst selten und zufällig eine absolute Gleichheit zweier ähnlicher Individuen stattfindet. Wir begründen dieses Gesetz inductiv auf die allgemein bekannte Ungleichheit der menschlichen Individuen von der Zeit ihrer Geburt an. Niemand wird behaupten, dass es jemals zwei Menschen gegeben habe, welche absolut gleich gewesen seien, welche absolut dieselbe Grösse, Form und Farbe, dasselbe Gesicht, dieselbe Zahl von Epidermiszellen, Blutzellen etc., dieselben Seelenbewegungen (Wille, Empfindung, Denken in absolut gleicher Form) besessen haben. Schon bei der Geburt sind allgemein individuelle Ungleichheiten vorhanden, wenn sie auch oft schwer zu erkennen sind und erst später deutlicher hervortreten. Wenn wir allerdings auch nicht in der Lage sind, dieses Gesetz scharf beweisen zu können, so sprechen dafür doch so allgemeine Gründe, dass in der That eigentlich wohl Niemand an seiner Geltung zweifelt. Denn man nimmt ja allgemein an, dass jeder Mensch ein bestimmtes Quantum von verschiedenen Eigenschaften (z. B. Talenten) mit „auf die Welt bringe“, welche nicht erst nachträglich durch Anpassung erworben werden. Und dieses Quantum wird bei allen Individuen für verschieden gehalten. Was vom Menschen, das gilt auch von den übrigen Säugethieren, und es ist allen Menschen, die sich eingehend mit einer grösseren Anzahl von Individuen einer Art beschäftigt und dieselben genau und lange Zeit beobachtet haben (z. B. den Hirten von Vieh-Heerden, den Förstern, Ausstopfern) wohl bekannt, dass alle einzelnen Individuen einer und derselben Species, trotz der grössten Aehnlichkeit, dennoch individuelle Unterschiede zeigen. Dasselbe wissen alle systematischen Botaniker, welche Massen von Individuen einer und derselben Species eingehend verglichen haben. Dasselbe weiss Jedermann von allen Bäumen eines Waldes. Niemand wird z. B. behaupten, dass es jemals zwei Bäume von einer und derselben Art, z. B. zwei Apfelbäume oder zwei Rosskastanien gegeben habe, welche in allen Beziehungen, in der Zahl der Blätter und Blüthen, der Bildung der Rinde, der Verzweigung des Stammes, in der Zahl und Form aller constituirenden Zellen absolut gleich gewesen seien. Schon eine Betrachtung einer Baumschule lehrt hiervon das grade Gegentheil, und eine sorgfältige Vergleichung der jüngsten Samenpflanzen zeigt, dass sie schon von erster Jugend an individuelle Unterschiede zeigen. Nun könnte man zwar behaupten, dass diese absolute Ungleichheit aller organischen Individuen durch die universelle directe Anpassung erworben sei, und zum grossen Theile ist dies

gewiss der Fall, da niemals zwei Individuen ihr ganzes Leben unter absolut denselben Existenzbedingungen zubringen. Allein Darwin hat gezeigt, dass wir hinreichende Gründe haben, die allgemeine individuelle Ungleichheit der Organismen auch theilweis als Folge einer indirecten Abänderung derselben anzusehen, hervorgebracht durch primitive Verschiedenheiten der von den Eltern erzeugten Keime. Hierfür spricht allein schon die allgemeine Ungleichheit aller Jungen eines und desselben Wurfes, aller Sämlinge einer und derselben Frucht. Diese kann nur dadurch bedingt sein, dass die Ernährungs-Bedingungen innerhalb des elterlichen Organismus für die sich bildenden Keime verschiedene waren. In der That müssen wir hier bis zu einer ursprünglichen Ungleichheit der Geschlechtsproducte, aus denen die kindlichen Individuen entstehen, zurückgehen, und auch diese anzunehmen, steht Nichts im Wege, da offenbar niemals zwei Plastiden eines und desselben Organismus unter absolut gleichen Verhältnissen entstehen und sich entwickeln. Für unsere groben und rohen Beobachtungsmittel wird freilich meistens die ursprüngliche individuelle Verschiedenheit der Organismen verborgen bleiben.

2. Gesetz der monströsen Abänderung.

(Lex variationis monstrosae.)

Alle Organismen sind unter bestimmten, sehr abweichenden und ungewöhnlichen Ernährungsbedingungen fähig, eine Nachkommenschaft zu erzeugen, welche nicht in dem gewöhnlichen geringen Grade der individuellen Veränderlichkeit, sondern in einem so ausserordentlichen und ungewöhnlichen Grade von den Charakteren des elterlichen Organismus abweicht, dass man dieselben als Monstra oder Missbildungen bezeichnet.

Dieses noch sehr wenig bekannte, und auch hinsichtlich der zu Grunde liegenden Thatsachen noch sehr wenig untersuchte Gesetz ist, so viel wir bis jetzt wissen, nur von geringer, bisweilen vielleicht aber auch von sehr bedeutender Wichtigkeit für die Entstehung von neuen Arten. Es würden nämlich hieher wahrscheinlich alle diejenigen Fälle gehören, welche man als sprungweise Abänderung, plötzliche Ausartung, monströse Entwickelung u. s. w. bezeichnet. Bei den Menschen sowohl, als bei den andern im Culturzustande lebenden Thieren, ebenso bei den Culturpflanzen, sind solche monströse Abänderungen verhältnissmässig häufig und oft so bedeutend, dass sie nicht allein über den Charakter der Art und Gattung, sondern auch sehr oft über denjenigen der Familie und Ordnung weit hinausgreifen. Es gehören hierher z. B. die bekannten Fälle von Menschen mit sechs Fingern an jeder Hand und jedem Fuss, ferner die berühmten Sta-

chelschweinmenschen mit schuppenartiger Epidermis, die cavicornien Wiederkäuer-Monstra ohne Hörner (von einer sonst gehörnten Art) oder mit 4—6—8 (statt der normalen zwei) Hörnern, dann der allgemeine Pigmentmangel der Haut (Leucosis) bei den Albinos der verschiedensten Thierarten, die ungewöhnlichen Grössenproportionen einzelner Körpertheile unter einander und zum Ganzen, ferner die zahlreichen höchst auffallenden und plötzlich entstehenden „monströsen" Abänderungen in Grösse, Farbe, Blätterzahl u. s. w. bei den Blüthen und Früchten unserer Culturpflanzen, viele „gefüllte Blüthen" etc. Aber nicht allein solche auffallende äusserliche, leicht erkennbare Missbildungen treten oft ganz plötzlich in einer Generation auf, sondern auch die wichtigsten Abweichungen von in der Lage, Grösse und Gestalt innerer Organe, so z. B. die Umkehrung von Rechts und Links bei dipleuren Thieren (Perversio viscerum des Menschen, links gewundene Individuen von regelmässig rechts gewundenen Schnecken u. s. w.).

Die causale Entstehung der meisten dieser plötzlich auftretenden Monstrositäten ist uns mit Sicherheit nicht bekannt. In vielen Fällen sind es mechanische oder nutritive Störungen in der Entwickelung des Embryo, welche die „Missbildung" verursachen (dann also directe Anpassungen!), in sehr vielen anderen Fällen dagegen sind es sicher Nutritions-Störungen des elterlichen Organismus, welche auf das Genitalsystem desselben zurückwirken und die auffallende Abänderung des kindlichen Organismus schon im ersten Keime, im noch nicht befruchteten Ei oder im Sperma bedingen. In einigen Fällen lässt sich dies experimentell nachweisen. Hierbei tritt der ungeheure Einfluss, den die veränderte Ernährung des Organismus auf seine Fortpflanzungsorgane hat, besonders auffallend hervor. Wie bereits Darwin hervorgehoben hat, sind solche monströse Abweichungen, welche er als „generative" bezeichnet, fast durchgängig zuerst sehr unbeständig und zeigen dies besonders darin, dass, wenn sie sich mehrere Generationen hindurch vererben, der Grad der monströsen Ausbildung in verschiedenen Generationen und Individuen ein sehr verschiedener ist. Auch verschwinden sie oft eben so plötzlich wieder in einer Generation, wie sie in einer vorhergehenden entstanden sind. Indess gelingt es der künstlichen Züchtung doch oft, dieselben zu erhalten und durch generationenlange Pflege zu befestigen, wie es z. B. bei den vierhörnigen und sechshörnigen Schafen der Fall gewesen ist, bei dem berühmten hörnerlosen Bullen von Paraguay, von dem man eine ganze Rinderrasse erzog, bei dem krummbeinigen Schaafbock von Seth Wright in Massachusetts, der ebenfalls der Stammvater einer ganzen krummbeinigen Schaafrasse (der Otterschaafe) wurde u. s. w. Ebenso gut ist es nun denkbar und vielleicht in der That sehr oft geschehen, dass eine plötzliche und starke Veränderung in der Ernährung einer

Species im Naturzustande (z. B. dadurch dass sich plötzlich das Klima einer Gegend ändert) auf die Generationsorgane plötzlich zurückwirkt und zur massenhaften sprungweisen Erzeugung neuer monströser Formen führt, welche sich durch Inzucht fortpflanzen und eine neue „Art" bilden. So gut wir diesen Process bei wilden Pflanzen und Thieren in umgekehrter Reihenfolge, als plötzlichen „Rückschlag" verfolgen können, so gut ist es auch denkbar, dass dieselbe sprungweise Umbildung nach vorwärts eintritt und zur Bildung neuer Arten führt. So finden wir z. B. bei Lippenblüthen (und besonders häufig bei der bekannten *Linaria vulgaris*) nicht selten die auffallende „Monstrosität", welche mit dem Namen *Peloria* belegt wird, und welche offenbar als einfacher Rückschlag in die weit zurückliegende pentactinote (regulär-strahlige fünfzählige) Stammform der pentamphipleuren Lippenblüthe zu deuten ist. Wie wir hier plötzlich (oft an einzelnen Blüthen eines sonst Lippenblüthen tragenden Stockes) den weiten Sprung in die alte regulär-radiale Stammform zurück eintreten sehen, welche man als „Monstrum" bezeichnet, so kann auch umgekehrt ursprünglich die pentamphipleure Lippenblüthe, die wir jetzt als die „normale" ansehen, durch einen plötzlichen Sprung aus der ersteren als „Monstrum" entstanden sein. Besonders weit dürfte der Spielraum für die sprungweise Entstehung solcher monströser „Abarten", oder „Ausartungen", die sich dann unter günstigen Umständen zu „guten Arten" befestigten, bei den meisten Organismen hinsichtlich der Zahl der Antimeren und Metameren gewesen sein, wovon uns noch heute die grosse Variabilität der homotypischen und homodynamen Grundzahlen bei vielen Thier- und Pflanzen-Arten berichtet. Auch in Gruppen, in deren meisten Arten sich diese Grundzahlen fixirt haben, kommen einzelne Arten vor, bei denen dieselbe noch schwankt, so unter den fünfzähligen Echinodermen einzelne mit mehr als fünf (und dann mit einer schwankenden Anzahl!) Antimeren versehene Asteriden. Offenbar findet hier die Bestimmung der Grundzahl für jedes Individuum schon im ersten Anfang seiner Entwickelung statt.

3. Gesetz der geschlechtlichen Abänderung.

(Lex variationis sexualis.)

Bei allen Organismen mit geschlechtlicher Fortpflanzung vermag sowohl eine Ernährungs-Veränderung, welche auf die männlichen, als eine solche, welche auf die weiblichen Geschlechtsorgane einwirkt, eine entsprechende Abänderung der geschlechtlich erzeugten Nachkommenschaft zu veranlassen, und es äussert sich dann entweder ausschliesslich oder doch vorwiegend die Ernährungs-Veränderung der männlichen Genitalien in der Abände-

rung der männlichen, diejenige der weiblichen Genitalien in der Abänderung der weiblichen Nachkommen.

Dieses Gesetz der sexuellen Abänderung hängt sehr eng mit demjenigen der sexuellen Vererbung zusammen. Bei der letzteren fanden wir, dass die Gesammtcharaktere jedes der beiden Geschlechter, und zwar sowohl die primären als die secundären Sexualcharaktere, sich meistens einseitig, also entweder vorwiegend oder fast ausschliesslich nur auf das entsprechende Geschlecht vererben, so dass Generationen hindurch sich einerseits die männlichen, andrerseits die weiblichen Descendenten mehr gleichen, als beide Reihen unter sich. Bei der sexuellen Abänderung finden wir dem entsprechend, dass jede Ernährungs-Veränderung, welche eines der beiderlei Geschlechts-Organe betrifft und das andere nicht berührt, entweder vorwiegend oder selbst ganz ausschliesslich eine Veränderung bloss in demjenigen Geschlechte der Nachkommen hervorruft, welches dem veränderten Sexualsystem der Eltern entspricht; während das andere Geschlecht nicht abändert. Wenn also z. B. bei den Hühner-Vögeln eine eingreifende Veränderung in der Ernährungsweise bloss den Hahn betrifft und auf dessen Hoden zurückwirkt, während die Henne und also auch ihr Eierstock nicht von derselben betroffen wird, so wird eine entsprechende, vielleicht monströse, Abänderung in der Bildung der von beiden geschlechtlich erzeugten Nachkommen nur an den Hähnen, nicht an den Hennen sichtbar werden. Im Ganzen ist diese Erscheinung noch sehr dunkel, sehr wenig beachtet, und meist auch sehr schwierig in ihrem ursächlichen Zusammenhang zu verfolgen, vielleicht aber von grosser Wichtigkeit für die Erklärung der Entstehung der secundären Sexualcharaktere.

E b. Gesetze der directen oder actuellen Anpassung.

1. Gesetz der allgemeinen Anpassung.

(Lex adaptationis universalis.)

Alle organischen Individuen werden während ihrer individuellen Existenz durch Anpassung an verschiedene Lebens-Bedingungen ungleich, wenn sie auch oft höchst ähnlich bleiben.

Dieses Gesetz bewirkt, im Verein mit demjenigen der individuellen Anpassung, die allgemeine Ungleichheit aller organischen Individuen. Durch die universelle Anpassung wird die erworbene, durch die individuelle Anpassung dagegen die angeborene Ungleichheit aller Einzelwesen bedingt. Die erstere lässt sich viel leichter nachweisen, als die letztere, denn während wir über die angeborene Verschiedenheit aller organischen Individuen noch so sehr im Unklaren sind, dass wir die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes der

individuellen Abänderung nur mit sehr geringer Sicherheit und nur auf allgemeine Gründe gestützt, behaupten können, so ist das Gegentheil bei der erworbenen Ungleichheit der Fall, welche sich mit mathematischer Sicherheit aus dem allgemeinen Causal-Gesetze folgern lässt. Indem die äusseren Existenz-Bedingungen, wie allgemein anerkannt wird, umbildend auf den Organismus einwirken, indem ferner diese Existenz-Bedingungen für alle Individuen ungleich (niemals absolut dieselben) sind, so müssen, selbst den unwahrscheinlichen Fall angeborener Gleichheit der Individuen angenommen, in Folge der allgemeinen Ungleichheit der einwirkenden Ursachen, im Laufe der individuellen Existenz stets mehr oder minder bedeutende Unterschiede in der Bildung der Individuen eintreten. So lässt sich, selbst ohne die bestätigenden Beweise der unmittelbaren Beobachtung, eine allgemeine Ungleichheit sämmtlicher organischen Individuen mit Sicherheit behaupten. Hinsichtlich der empirischen Bestätigung berufen wir uns auch hier wieder zunächst auf den Menschen selbst, von welchem es allgemein anerkannt ist, dass die verschiedene Lebensweise und Beschäftigung, der verschiedenartige Umgang mit anderen Menschen, kurz die für jedes Individuum allgemein verschiedenen Verhältnisse der Ernährung sowohl, als der Beziehungen zur Aussenwelt, individuelle Verschiedenheiten in der Bildung, dem Charakter, den somatischen und psychischen Eigenschaften veranlassen, welche um so grösser werden, je älter der Mensch wird, d. h. je länger jene verschiedenen Ursachen einwirken. Dasselbe gilt ebenso von den Individuen aller anderen Thiere und Pflanzen, wie schon oben bei Erläuterung des Gesetzes der angeborenen Ungleichheit bemerkt wurde. Bei den Pflanzen tritt gewöhnlich die individuelle Ungleichheit viel auffallender als bei den Thieren hervor, weil die Organe dort äusserlich, hier innerlich entfaltet werden. Wie wir aber oben bereits sagten, ist es ausserordentlich schwierig, zu sagen, wieviel Antheil an der thatsächlich existirenden Verschiedenheit der erwachsenen Individuen auf Rechnung der angeborenen Ungleichheit, wieviel auf Rechnung der erworbenen Ungleichheit zu setzen ist. Darwin scheint im Ganzen grösseres Gewicht der ersteren (dem Gesetz der individuellen Abänderung) zuzuschreiben, während wir glauben möchten, dass die letztere (das Gesetz der universellen Anpassung) eine allgemeinere und eingreifendere Wirksamkeit entfalte.

5. Gesetz der gehäuften Anpassung.

(Lex adaptationis cumulativae.)

(Gesetz der Gewohnheit, der Uebung, der Akklimatisation, der Reaction etc.)

Alle Organismen erleiden bedeutende und bleibende (chemische, morphologische und physiologische) Abän-

derungen, wenn eine an sich unbedeutende Veränderung in den Existenz-Bedingungen lange Zeit hindurch oder zu vielen Malen wiederholt auf sie einwirkt.

In dem „Gesetze der gehäuften Anpassung" glauben wir mehrere, scheinbar sehr weit von einander entfernte Anpassungs-Gesetze vereinigen zu müssen, welche gewöhnlich als ganz verschiedene betrachtet werden, die wir aber nicht scharf zu trennen im Stande sind. Die Abänderungen nämlich, welche wir als gehäufte oder cumulative zusammenfassen, sind solche, welche von Darwin und vielen Anderen mehrfach unterschieden und wenigstens in zwei ganz verschiedene Kategorieen gebracht werden, nämlich: I) Unmittelbare Folgen der Einwirkung der äusseren Existenzbedingungen: Nahrung, Klima, Bodenbeschaffenheit, Umgebung etc. II) Folgen der Gewohnheit oder Angewöhnung (Uebung, Gebrauch oder Nichtgebrauch der Organe, Acclimatisation etc). Wir gestehen, dass wir unfähig sind, diese Kategorieen scharf zu scheiden und vielmehr glauben, dass die eigentliche ursächliche Grundlage bei allen diesen Anpassungs-Erscheinungen dieselbe ist, nämlich eine langsame aber andauernde Veränderung in der Ernährung des Organismus oder einzelner Theile, welche zwar zuerst und in jedem einzelnen Falle nur eine sehr unbedeutende Einwirkung auf die physiologische und morphologische Beschaffenheit der Organe ausübt, allein durch lang andauernde und oft wiederholte kleine Einwirkungen schliesslich sehr bedeutende Umbildungs-Resultate zu erzielen vermag. Wir wollen, um diese Anschauung zu stützen und womöglich zu beweisen, jede der beiden Kategorieen, die man unnützer Weise noch in verschiedene kleinere gespalten hat, gesondert für sich betrachten. Wir können die beiden verschiedenen Gruppen von Existenz-Bedingungen, welche durch cumulative Einwirkung gehäufte Anpassungen verursachen, als äussere und innere Existenz-Bedingungen unterscheiden.

I. Gehäufte Anpassungen durch die Wirkungen äusserer Existenz-Bedingungen.

(Anpassungen an die Nahrung, das Klima, die Umgebung etc.)

Die Abänderungen der Organismen durch die sogenannte „unmittelbare Wirkung der äusseren Existenz-Bedingungen" oder den „unmittelbaren Einfluss der Aussenwelt" sind die bekanntesten von allen und sehr viele Naturforscher sind von jeher geneigt gewesen, denselben überhaupt alle Veränderungen zuzuschreiben, die wir an den Organismen wahrnehmen. Jedermann weiss, dass die verschiedene Qualität der Nahrungsmittel, des Lichts, der Wärme, der Feuchtigkeit einen bestimmten Einfluss auf die Grösse, Farbe, Form und innere Beschaffenheit der Organismen, auf ihre morphologische Ausbildung und ihre physio-

logische Function ausübt. Wir brauchen statt aller Beispiele hier bloss an die Thatsache zu errinnern, wie äusserst empfindlich der menschliche Organismus gegen diesen Einfluss der „Medien“ ist, wie jede Veränderung des Klimas, der Nahrung (Diät), der Umgebung u. s. w. unmittelbar eine bestimmte Veränderung des Organismus hervorruft, welche sich in seinen Functionen noch deutlicher, als in seinen Formen äussert, und welche wir entweder als heilsame, oder als gleichgültige, oder als schädliche betrachten. Dasselbe nun, was wir Alle vom Menschen anerkennen, gilt ebenso auch von allen anderen Thieren und von allen Organismen überhaupt [1]). Jeder ohne Ausnahme ist empfänglich für den Einfluss der verschiedenen Qualität und Quantität der unmittelbar eingeführten Nahrungsstoffe, des Klimas (den verschiedenen Grad von Licht, Wärme, Feuchtigkeit) u. s. w. Zunächst ist die Einwirkung derselben gewöhnlich nur an einer Abänderung der Function bemerkbar und erst später an einer Abänderung der Form des Organs, welche sich natürlich der Function entsprechend verändern muss. Man kann diese abändernden Einflüsse allgemein als die chemischen und physikalischen Agentien oder besser als die anorganischen Agentien zusammenfassen, im Gegensatz zu den organischen Agentien, welche bei der folgenden Art der Anpassung thätig sind. So wichtig diese Agentien sind, so ist dennoch gewiss ihr Einfluss gewöhnlich in so fern sehr überschätzt worden, als man sie meist viel zu ausschliesslich als die einzigen oder doch die vorzüglichsten Anpassungs-Bedingungen betrachtet hat, und insofern hat Darwin vollkommen Recht, wenn er denselben eine viel geringere Bedeutung beimisst. Indessen möchten wir ihren Einfluss doch nicht so gering, wie letzterer, schätzen, wenn wir daran denken, welche enormen Veränderungen z. B. allein unser Central-Nervensystem (die Vorstellungen des Wollens, Empfindens und Denkens) durch die Einwirkung des Klimas (Licht, Wärme, Feuchtigkeit), der verschiedenen Nahrungsmittel (alkoholische Getränke, Kaffee und Thee, Fleisch, Amylaceen etc.) zu erleiden hat; wie der Charakter ganzer Nationen durch das Klima und die Art der Nahrung bestimmt wird, wie wir bei unseren Hausthieren und Kulturpflanzen durch geringe Veränderungen der Nahrung und des

1) Die Beispiele für diese Thatsachen sind überall sehr leicht zu haben. Wir dürfen aber hier natürlich nur diejenigen Abänderungen durch den unmittelbaren Einfluss der Existenz-Bedingungen anführen, welche sich unmittelbar am einzelnen Individuum, nicht diejenigen, welche sich erst nach Generationen langer Einwirkung äussern. So z. B. verliert jede Pflanze, die man längere Zeit dem Einfluss des Sonenlichts entzieht, ihre grüne Farbe, indem die Chlorophyll-Bildung sistirt wird, welche nur unter dem Einfluss des Sonnenlichts stattfinden kann. Jede mehrjährige Pflanze, die man längere Zeit einer erhöhten Temperatur aussetzt, wächst rascher und wird in einer bestimmten Zeit grösser, als es sonst der Fall ist. Jede stark behaarte Pflanze, die man von einem trocknen in einen feuchten Standort versetzt, verliert einen Theil ihrer Behaaruug oder wird ganz kahl.

Klimas bedeutende Abänderungen in Form und Function hervorrufen können etc. [1]).

Nach unserer Ansicht liegt die falsche Auffassung, welche man diesem Einflusse gewöhnlich hat angedeihen lassen, vorzüglich darin, dass man den Organismus dabei als ein ganz oder doch vorwiegend passives Wesen aufgefasst hat, während doch in der That derselbe sich allen Einflüssen gegenüber zugleich activ verhält. Jede Action eines äusseren Agens, gleichviel ob dasselbe Licht oder Wärme oder Wasser oder irgend ein anderes Nahrungsmittel, ein Medicament oder ein Gift ist; jede Action eines solchen unmittelbar auf die Ernährung des Organismus einwirkenden Agens, ruft eo ipso zugleich eine Reaction des Organismus hervor, die sich eben in der Modification der Ernährungsthätigkeit und in dem activen (abwehrenden, indifferenten oder aufnehmenden) Verhalten der Ernährungs-Organe gegenüber den Medien und der Nahrung äussert, sowie in der Rückwirkung auf die Ernährung des Ganzen. Man fasst gewöhnlich, dieses Verhältniss ignorirend, den unmittelbaren Einfluss der äusseren Existenzbedingungen als einen einseitigen, bloss äusserlichen auf und berücksichtigt nicht die active Gegenwirkung des Organismus, durch welche allein die allmähliche Anpassung möglich ist. Diese vermögen wir aber nicht von der „Gewöhnung" zu unterscheiden, welche man gewöhnlich als eine ganz verschiedene Art der Anpassung anzusehen pflegt.

II. Gehäufte Anpassungen durch die Wirkungen innerer Existenz-Bedingungen.

(Anpassungen durch Gewohnheit, Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe etc.)

Die Abänderungen der Organismen durch die sogenannte „Gewöhnung und Uebung, den Gebrauch und Nichtgebrauch der Organe" etc. scheinen auf den ersten Blick von den vorher betrachteten hinsichtlich der bewirkenden Ursachen sehr verschieden zu sein und werden auch von Darwin und Anderen in dieser Weise aufgefasst. Es scheinen dort äussere, hier dagegen innere, im Organismus selbst liegende Impulse zu sein, welche die Abänderung veranlassen, und man könnte die bewirkenden Ursachen insofern als innere Existenz-Bedingungen jenen äusseren gegenüberstellen. Wie man aber dort die äusseren Einflüsse allein hervorhob und die innere Gegenwirkung des Organismus ignorirte, so hebt man hier umgekehrt die innere Gegen-

1) Wir erinnern in dieser Beziehung bloss an die vorzugsweise Fleisch essenden Engländer, und die vorzugsweise Kartoffeln essenden Irländer; an die Fleisch essenden Jägervölker und Nomaden, und an die Brot essenden Ackerbauvölker etc. Neben vielen anderen Einflüssen ist hier sicher die Art des vorwiegenden Nahrungsmittels nicht bloss indirect, sondern auch direct auf die Charakterbildung äusserst wirksam.

wirkung allein hervor und ignorirt die äusseren Einflüsse, durch welche die erstere überhaupt erst hervorgerufen wurde. Man vergisst ganz, dass die scheinbar spontan von innen heraus geschehenden Wirkungen des Organismus, welche man als „Angewöhnung, Uebung, Gebrauch der Organe" etc. bezeichnet, nichts weniger als spontane sind, sondern erst hervorgerufen durch die Einwirkung (den „Reiz") der äusseren Existenz-Bedingungen, also erst eine Reaction, eine Gegenwirkung des Organismus, welche jenem äusseren Einflusse adaequat ist und so lange fortdauert, als jener anhält.

Untersuchen wir näher den Ursprung der falschen Vorstellungen, welche man sich vom Wesen der Gewöhnungs-Verhältnisse gemacht hat, so glauben wir als den Grundirrthum, welcher diese lange Kette unrichtiger Vorstellungen hervorgerufen hat, das falsche Dogma von der Freiheit des Willens bezeichnen zu müssen. Man ging bei Untersuchung jener Verhältnisse aus von der Beobachtung des Menschen und anderer Thiere, und fand bald, dass die cumulativen Anpassungs-Thätigkeiten, welche wir als Gewöhnung, Uebung u. s. w. bezeichnen, ihren scheinbar letzten Grund in dem „freien Willen" der Thiere haben, welcher die Bewegungen bestimmt und durch Veranlassung bestimmter, oft wiederholter und anhaltender Bewegungen auch die Ursache der Functions-Modification und Form-Veränderung der Organe wird. Nun ist diese Ansicht von der cumulativen Wirkung der Willensbewegungen auf die Anpassung vollkommen richtig. Falsch ist nur das eine Glied der Schlusskette, dass der Wille „frei" ist, und dass er der letzte Grund der Gewöhnungs-Erscheinungen ist. Jede eingehende und objective Prüfung der freien Willenshandlungen an uns selbst und an anderen Thieren zeigt uns, dass der Wille niemals frei ist, vielmehr jede, und auch die scheinbar freieste Willenshandlung, die nothwendige Folge ist von einer langen und höchst verwickelten Kette von bewirkenden Ursachen, von Empfindungen, Denkbewegungen und anderen Ursachen, die alle selbst wiederum niemals frei, sondern in letzter Instanz causal bedingt sind entweder durch die vorher besprochenen äusseren Existenzbedingungen (Licht, Wärme, Klima etc.) oder durch die der individuellen organischen Materie inhärenten (durch Vererbung erhaltenen) Kräfte.

Dass diese Ansicht richtig ist, ergiebt sich mit Nothwendigkeit, wenn wir einzelne, aus scheinbar freiem Willen entsprungene und durch oftmalige Wiederholung (Cumulation) zur Gewohnheit gewordene Willenshandlungen (freiwillige Bewegungen) und die cumulativen Anpassungen [1]), welche der Organismus in Abänderung der Form und Function

1) Beispiele solcher cumulativen Anpassungen durch „Uebung und Gewohnheit" sind so leicht überall in der lebendigen Natur aufzufinden, dass es überflüssig scheinen könnte ein einzelnes auszuwählen. Dennoch wollen wir wegen der so allgemeinen Verkennung

der „geübten“ Theile dabei erlittten hat, scharf untersuchen und bis auf ihre letzten Gründe zu verfolgen streben. Es zeigt sich dann allemal, dass sie ganz ebenso wie die vorhin aufgeführten „Wirkun-

der Rolle, welche der „freie Wille“ dabei spielt, eines anführen. Nehmen wir z. B. die ausserordentliche Abänderung in Grösse, Form, Zusammensetzung und Function (Kraft), welche eine Muskel durch andauernde Uebung zu erfahren im Stande ist. Nehmen wir einen Turner, der die Beugemuskeln des Armes durch fortgesetzte Uebung in kurzer Zeit um das Doppelte ihres Volums und das Vielfache ihrer Leistungsfähigkeit vermehrt. Der Uebungs-Act selbst, die oft wiederholte Bewegung des Muskels, veranlasst zunächst eine Veränderung in der Ernährung des Muskels, welche einen vermehrten Zufluss von Nährstoffen herbeiführt. Dadurch wächst der Muskel; er nimmt zu an Zahl der Muskelprimitivfasern, vielleicht auch an denjenigen chemischen Bestandtheilen der Muskelsubstanz, welche vorzugsweise bei der Contraction thätig sind; er verbessert sich also wahrscheinlich nicht bloss quantitativ, sondern auch qualitativ, indem die im ungeübten Muskel abgelagerten Fette durch die Uebung verschwinden und durch die edleren Eiweisstoffe ersetzt werden. Jedenfalls ist diese durch den Gebrauch des Organs herbeigeführte Verbesserung desselben ein reiner Ernährungs-Process, also von den äusseren Existenz-Bedingungen der Nahrung abhängig. Aber auch, wenn wir auf die letzten Gründe der Uebung des Muskels zurückgehen, werden wir auf Ernährungs-Abänderungen als wirkende Ursachen hingeleitet. Die Willens-Bewegung, welche den Turner zur Uebung der Muskeln veranlasst, ist keineswegs „frei“, sondern vielmehr die nothwendige Wirkung von Ursachen, welche in seinem Central-Nervensystem liegen. Diese bewirkenden Ursachen sind bestimmte Vorstellungen, d. h. Functionen der Ganglienzellen, welche durch die Ernährung des Gehirns bestimmt, geregelt und modificirt werden. Diese Vorstellungen können theils unmittelbar im Nervencentrum in Folge veränderter Ernährungs-Verhältnisse entstehen, theils mittelbar, reflectirt nämlich von Empfindungen, die durch den unmittelbaren Einfluss der äusseren Existenz-Bedingungen (Licht, Wärme, Feuchtigkeit etc.) hervorgerufen werden. Die fortdauernde oder oft wiederholte Einwirkung der letzteren bedingt hier zunächst eine „Uebung“ der empfindenden centripetalen Nerven, welche ebenso wie jene Uebung des Muskels, mit einer Ernährungs-Veränderung des Organs verbunden ist. Diese Veränderung überträgt sich im Nervencentrum entweder unmittelbar (reflectorisch) oder durch Einschaltung von Vorstellungen auf die motorischen oder centrifugalen Nerven, die ihrerseits wieder auf den Muskel wirken. Ueberall sind es aber in dieser zusammengesetzten Kette von Ursachen und Wirkungen zuletzt „Ernährungs-Abänderungen“ (Veränderungen in der gegenseitigen Lagerung, Zusammensetzung und Zahl der Stoff-Moleküle), welche die Action (eigentlich Reaction) und durch oft wiederholte Action die Uebung und die cumulative Anpassung des Organs bedingen. Ich habe eben absichtlich die Beugemuskeln des Arms erwähnt, weil ich an meinem eigenen Körper erfahren habe, welche colossale Veränderung die fortgesetzte Uebung in diesen Bewegungs-Organen, und durch Wechselwirkung der Theile auch im übrigen Organismus hervorzubringen im Stande ist. Der Umfang meiner ganz ungeübten Oberarme hatte sich innerhalb eines Zeitraumes von anderthalb Jahren durch fortgesetzte energische Turn-Uebungen fast genau verdoppelt. Dieses enorme Muskelwachsthum und die damit verbundene Uebung der Willens-Vorstellungen wirkte nun mächtig zurück auf die übrigen Vorstellungen meines Gehirns und insbesondere auf diejenigen des Denkens. Ihnen verdanke ich zum grossen Theile (zum grossen Theile allerdings auch anderen cumulativ einwirkenden Ursachen), dass die in meinem Gehirne vorherrschenden dualistischen und teleologischen Irrthümer immer mehr den monistischen und causalen Vorstellungen wichen und ihnen zuletzt vollständig das Feld liessen. Die letzten Gründe sind in diesem und ähnlichen Fällen, so befremdend diese Behauptung auch erscheinen mag, mechanische Anpassungen, und meistens cumulative Abänderungen in den Ernährungs-Verhältnissen.

gen der äusseren Existenzbedingungen“ nicht einseitige Wirkungen von (hier äusseren, dort inneren) Einflüssen sind, sondern vielmehr ausnahmslos „Wechselwirkungen zwischen dem Organismus und der Aussenwelt“. Auch die scheinbar freie Willenshandlung, welche durch anhaltende oder oftmalige Wiederholung zur „Gewohnheit“ wird, ist in der That Nichts als eine nothwendige Reaction, eine innere Gegenwirkung gegen den äusseren Einfluss der physikalisch und chemisch einwirkenden Existenz-Bedingungen. In letzter Instanz sind es auch hier, wie dort, Ernährungs-Abänderungen, welche durch die letzteren bewirkt werden, und welche erst indirect die Abänderung auf das Central-Nervensystem, den Willen, etc. übertragen. Hier wie dort erblicken wir eine verwickelte Kette von causal bedingten und causal wirkenden Molekular-Bewegungen, bei welchen dadurch, dass die Moleküle oftmals wiederholt oder lange Zeit hindurch in einer neuen, aber immer in einer und derselben Richtung bewegt oder geordnet werden, endlich diese neue Anordnung oder Bewegungsrichtung der Moleküle zur bleibenden wird, d. h. eine feste Abänderung hervorruft.

Dass diese theoretische Anschauung in der That die richtige ist, zeigt sich auch darin, dass wie bei der praktischen Beurtheilung der gehäuften Anpassungen sehr oft nicht im Stande sind, zu sagen, ob dieselben „durch unmittelbare Einwirkung der äusseren Ezistenz-Bedingungen“ oder aber durch „Uebung und Gewohnheit“ bedingt sind. Dies ist z. B. bei den bekannten und wichtigen Vorgängen der Akklimatisation der Thiere und Pflanzen der Fall. Eine genaue Analyse dieser Erscheinungen beweist, dass die sogenannte „unmittelbare“ Einwirkung auch hier allerdings immer die erste Ursache, aber niemals die unmittelbare Ursache der bewirkten Abänderung ist, dass diese vielmehr immer erst eine Folge der Gegenwirkung, der Reaction des Organismus ist. Auch dadurch wird diese Auffassung bestätigt, dass man bei der cumulativen Anpassung der Pflanzen fast immer ganz ausschliesslich oder doch vorwiegend die „unmittelbare Wirkung der äusseren Existenz-Bedingungen“, bei der gehäuften Anpassung der Thiere dagegen ebenso ausschliesslich oder vorwiegend die „Uebung und Gewohnheit“ als die wirkende Ursache betrachtet, wobei man wiederum durch die falsche Vorstellung geleitet wird, dass sich die Thiere durch einen freien Willen vor den Pflanzen auszeichnen, was wir bereits im siebenten Kapitel widerlegt haben.

In Wahrheit ist es hier wie dort, sowohl wenn die cumulative Anpassung durch die scheinbar „unmittelbare“ Wirkung der äusseren Bedingungen (des Lichts, der Wärme etc.), als wenn sie durch die scheinbar „freie“ Wirkung der inneren Bedingungen (der Gewohnheit, Uebung etc.) hervorgerufen wird, die Gegenwirkung (Reaction)

des Organismus gegen die Einwirkung der Aussenwelt, welche umbildend, abändernd auf den Organismus einwirkt. Der Organismus verhält sich weder dort rein passiv, noch hier rein activ. Vielmehr verhält er sich in beiden Fällen reactiv, und diese Reaction ist in letzter Instanz stets eine von der Ernährung abhängige Function. Das wesentlich wirksame Moment, welches wir aber noch dabei besonders hervorheben müssen, ist die Häufung oder Cumulation der Einwirkungen und Gegenwirkungen, da sie allein bleibende Abänderungen hervorzurufen im Stande ist. Eine abändernde Ursache, welche nur einmal oder wenige Male, oder nur kurze Zeit hindurch auf den Organismus einwirkt, z. B. ein neues, wesentlich von den gewohnten verschiedenes Nahrungsmittel, ein Gift, eine Verwundung etc. vermag entweder gar keine bleibende Veränderung des Organismus hervorzurufen, oder nur dadurch, dass sie neue Molekular-Bewegungen in demselben veranlasst, welche (als Reaction) lange Zeit in demselben anhalten (z. B. bei einer traumatischen Affection). Auch in diesen, scheinbar nicht cumulativen Anpassungen ist es also dennoch im Grunde eine Cumulation von zahlreichen, oft wiederholten oder lange andauernden Molekular-Bewegungen, welche die bleibende Abänderung veranlasst. Für unsere Betrachtung sind aber diese Fälle einmaliger Einwirkung um so weniger wichtig, als die durch sie hervorgerufene Abänderung, auch wenn sie im Individuum bleibt, sich doch im Ganzen nur selten vererbt.

Um so wichtiger dagegen ist die Wirkung der Häufung oder Cumulation der Reaction, d. h. die Erscheinung, dass sehr gegeringe und unscheinbare Einwirkungen der Aussenwelt durch sehr oft wiederholte oder andauernde Einwirkung endlich die bedeutendsten und scheinbar in keinem Verhältniss stehenden Abänderungen, zunächst in der Ernährung des Organismus oder einzelner Organe, weiterhin in der Function derselben, und endlich auch, dieser entsprechend, in der Form der verändert ernährten Organe hervorrufen. Dies ist der Grundzug der cumulativen Anpassung, welche wir Uebung, Gewöhnung u. s. w. nennen, und hierin gleicht das Gesetz der gehäuften Anpassung dem oben erläuterten Gesetze der befestigten Vererbung.

Wie mächtig dieses Gesetz der Angewöhnung wirkt, ist so allbekannt, dass wir keine weiteren Beispiele anzuführen und bloss an das bekannte Sprüchwort zu erinnern brauchen: Consuetudo altera natura. Wir wollen nur noch ausdrücklich hervorheben, dass der Nichtgebrauch der Organe, welcher rückbildend auf dieselben wirkt, nicht minder wichtig ist, als der Gebrauch der Organe, welcher ausbildend auf sie wirkt. Durch die Gewohnheit des Nichtgebrauchs entstehen z. B. die meisten rudimentären Organe, welche für die Dysteleologie so bedeutsam sind.

6. Gesetz der wechselbezüglichen Anpassung.

(Lex adaptationis correlativae.)

(Gesetz von den Wechselbeziehungen der Bildung, von der Compensation der Entwickelung, von der Correlation der Theile etc.)

Alle Abänderungen, welche in einzelnen Theilen des Organismus durch cumulative oder sonstige Anpassung entstehen, wirken dadurch auf den ganzen Organismus und oft besonders noch auf einzelne bestimmte Theile desselben zurück, und bewirken hier Abänderungen, welche nicht unmittelbar durch jene Anpassung bedingt sind.

Dieses Anpassungs-Gesetz ist eines der wichtigsten und ist in seinen Wirkungen schon längst anerkannt. Die vergleichende Anatomie musste auf dieses allgemein gültige Gesetz schon sehr frühzeitig aufmerksam werden, und so finden wir es denn von fast allen bedeutenden „vergleichenden Anatomen" hervorgehoben, oft unter sehr verschiedenen Namen, als das Gesetz von der Wechselbeziehung der Entwickelung, von der Correlation der Organe, von der Compensation der verschiedenen Körpertheile u. s. w. Besonders die Naturphilosophen, und vor Allen Goethe, haben auf die ausnehmende Wichtigkeit dieses Gesetzes beständig hingewiesen. Indessen haben die meisten Morphologen doch nur die fertige Wirkung dieses Gesetzes vor Augen gehabt, ohne sich dessen bewirkender Ursachen bewusst zu werden. Diese können nur in dem Zusammenhange der Ernährungs-Erscheinungen des Organismus gefunden werden, und zwar in einer nutritiven Wechselwirkung zwischen allen Theilen des Organismus. Eine durch äussere Einflüsse, und namentlich durch die cumulative Anpassung bewirkte Veränderung in der Ernährung eines Organs wirkt stets verändernd zurück auf den gesammten Organismus, welcher ja eine geschlossene physiologische Ernährungs-Einheit darstellt. Gewöhnlich aber sind es einzelne Theile, welche vorzugsweise durch jene rückwirkende Veränderung betroffen werden und demgemäss zunächst in ihrer Ernährung, weiterhin in ihrer bestimmten Function und Form, entsprechende Abänderungen erleiden. Vorzugsweise sind homologe und analoge Theile, wie z. B. die verschiedenen Theile des Hautsystems oder die verschiedenen Theile des Centralnervensystems von dieser wechselbezüglichen Anpassung abhängig, wie z. B. bei den Cavicornien (Rindern, Schaafen, Ziegen etc.) jede eintretende Veränderung in der Haarbildung gewöhnlich zugleich eine entsprechende Veränderung in der Ausbildung der Hörner, der Hufe etc. veranlasst. Ferner bewirkt eine Veränderung eines Sinnesorgans in der Regel eine compensatorische in den übrigen Sinnesorganen. Aber auch Theile die scheinbar in sehr geringem morphologischen und physiologischen

Zusammenhange stehen, z. B. Hautsystem und Muskelsystem, stehen in compensatorischer Wechselbeziehung, wie denn bekanntlich bei den Cavicornien bestimmte Veränderungen in der Haarbildung (z. B. der Schaafwolle) auf die Qualität des Fleisches zurückwirken. Oft sind diese Wechselbeziehungen der merkwürdigsten Art; so z. B. sind Katzen mit blauen Augen allezeit taub; Vögel mit langen Beinen haben meist auch lange Hälse und Schnäbel; blonde Menschen mit hellen Haaren und heller Hautfarbe sind für gewisse innere Krankheiten, z. B. klimatische Fieber, Leberentzündungen etc. weit empfänglicher, als brünette mit dunklen Haaren und dunkler Hautfarbe; besonders merkwürdig ist die innige Wechselbeziehung zwischen den Geschlechtsorganen und dem Centralnervensystem, welche sich bekanntlich in einer Fülle der auffallendsten Wechselbeziehungen äussert. Wie sehr gerade das Genitalsystem auf die übrigen Organsysteme zurückwirkt, zeigt vielleicht kein Beispiel auffallender, als dasjenige der Castraten, bei welchen die künstliche Verhinderung der sexuellen Entwickelung eine entsprechende Hemmungsbildung des Kehlkopfes und eine compensatorische Entwickelung des Panniculus adiposus der Haut hervorruft. Ebenso befördert man bei den Pflanzen die Blattentwickelung durch Unterdrückung der Blüthenentwickelung. Dieser allgemeine Gegensatz zwischen den generativen und nutritiven Theilen gehört zu den wichtigsten Erscheinungen, weche unter das Gesetz von der Correlation der Theile fallen. Lediglich eine Folge dieser Gegenwirkung, eine Folge der äusserst empfindlichen Reaction des Genitalsystems gegen die Ernährungs-Veränderungen des übrigen Körpers ist das äusserst wichtige Gesetz der potentiellen Anpassung oder indirecten Abänderung, welches wir in den vorhergehenden Abschnitten erläutert haben.

7. Gesetz der abweichenden Anpassung.

(Lex adaptationis divergentis.)

(Gesetz von der ungleichartigen Abänderung gleichartiger Theile.)

Gleiche Theile (gleiche Individuen einer und derselben Individualitäts-Ordnung), welche in Mehrzahl in dem Organismus verbunden sind, erleiden ungleiche Abänderungen, indem dieselben in verschiedenem Grade der cumulativen Anpassung unterliegen.

Auch dieses Anpassungs-Gesetz ist von der grössten Wichtigkeit. Denn dieses ist es vorzüglich, welches in Wechselwirkung mit den Vererbungs-Gesetzen die grossen Erscheinungen der organischen Differenzirung, der divergenten Entwickelung gleichartiger Theile bewirkt, und dadurch in erster Linie bei der Erzeugung der unendlichen Mannichfaltigkeit organischer Formen mitwirkt. Hier haben wir die divergente Adaptation natürlich nicht in der grossartigen Wirksamkeit zu

betrachten, welche sie, in Verbindung mit der Erblichkeit, im Laufe von Generationen entfaltet, sondern nur insofern sie innerhalb des Laufes der individuellen Existenz wirksam ist. Da aber auf dieser beschränkten ontogenetischen Wirksamkeit des Divergenz-Gesetzes seine umfassendere Wirksamkeit als phylogenetisches Differenzirungs-Gesetz beruht, so müssen wir dasselbe hier gebührend hervorheben, um so mehr, als es in dieser Beziehung meist nicht gehörig gewürdigt wird.

Das Gesetz der divergirenden oder abweichenden Anpassung behauptet, dass allgemein in den Organismen, welche eine Wiederholung von gleichartigen Theilen enthalten, diese das Bestreben haben, sich nach ganz verschiedenen Richtungen hin zu entwickeln, indem sie in verschiedenem Grade der cumulativen oder correlativen Anpassung unterliegen. Dieses Gesetz gilt von den Individuen aller Ordnungen, von der Plastide bis zur Person hinauf, und ist die Basis des berühmten Gesetzes der Arbeitstheilung, welches allgemein, bei den Individuen aller Ordnungen, von der ersten bis zur sechsten wirksam ist. Wir sehen also, dass in einem Organe oder Organismus, welcher anfangs aus vielen gleichen Plastiden besteht, im Laufe seiner individuellen Existenz eine Differenzirung derselben eintritt, indem die einen Cytoden oder Zellen in dieser, die andern in jener Weise abändern. So differenziren sich in allen Organen (Individuen zweiter Ordnung) die anfangs gleichen Zellen später durch divergirende Anpassung in verschiedene Gewebe, indem z. B. an einer aus lauter gleichen Zellen zusammengesetzten embryonalen Extremität die einen zu Muskeln, die andern zu Nerven, die dritten zu Gefässen etc. sich gestalten. Ebenso entstehen durch Differenzirung von mehreren ursprünglich gleichartigen Organen (z. B. den fünf Zehen des Wirbelthier-Fusses) später durch divergente Ausbildung ungleichartige Organe. Ferner differenziren sich in derselben Weise die ursprünglich gleichen Metameren des Gliederthier-Körpers; während sie bei den niedersten Würmern alle gleich bleiben, sehen wir bei den höheren Würmern und den Arthropoden eine divergente Entwickelung eintreten und zwar ebenso im Laufe der Ontogenese, wie der Phylogenese. Dasselbe gilt von den Antimeren, welche ursprünglich immer gleichartige Theile darstellen und erst secundär der divergenten Anpassung unterliegen. Ebenso differenziren sich endlich die gleichartigen Personen, welche zu Stöcken zusammentreten, durch divergente Anpassung (Arbeitstheilung) zu verschiedenen Personen.

Dieses allgemeine Differenzirungs-Gesetz oder Divergenz-Gesetz ist in den vollendeten Folgen seiner ungeheuern und äusserst mannichfaltigen Wirkung von allen Naturforschern anerkannt. Viele haben auch seine causale Bedeutung und active Wirksamkeit während des Laufes der embryologischen, Wenige während des parallelen Laufes der palaeontologischen Entwickelung erkannt. Die Wenigsten aber sind

von der äusserst wichtigen Thatsache durchdrungen, dass alle Differenzirungen oder Divergenzerscheinungen, welche wir während jener laufenden Entwickelungsreihe beobachten, nur die gehäuften Folgen und Wiederholungen von zahllosen einzelnen divergenten Anpassungen sind, welche die individuellen Organismen während des Laufes ihrer individuellen Existenz allmählich erfahren haben.

Die Ursachen der divergenten Anpassung liegen ganz einfach in dem Nutzen, den die Arbeitstheilung oder Differenzirung, die ungleichartige Ausbildung von ursprünglich gleichartigen Theilen, einem jeden Organismus gewährt. Jeder Mensch weiss, dass er einen Nutzen davon hat, rechte und linke Hand z. B. in verschiedener Weise auszubilden. Indem von mehreren gleichen Organen (Individuen verschiedener Ordnung) Jedes nur eine einzige Function vorzugsweise ausbildet, und zwar durch cumulative Anpassung, wird die anfangs gleichartige Ernährung der gleichen Organe eine verschiedene, und es erfolgt schliesslich als Endresultat für den Organismus die vollendete Arbeitstheilung der Organe, auf welcher alle Vervollkommnung beruht.

8. Gesetz der unbeschränkten Anpassung.

Lex adaptationis infinitae.

Alle Organismen können zeitlebens, zu jeder Zeit ihrer Entwickelung und an jedem Theile ihres Körpers, neue Anpassungen erleiden; und diese Abänderungsfähigkeit ist unbeschränkt, entsprechend der unbeschränkten Mannichfaltigkeit und beständigen Veränderung der auf den Organismus einwirkenden Existenzbedingungen.

Auch dieses Gesetz, mit welchem wir unsere Aufstellung der wichtigsten Anpassungs-Gesetze beschliessen, ist für die Umbildung der organischen Formen von nicht minderer Wichtigkeit, als alle vorhergehenden. Während die Aufstellung desselben von allen Physiologen, und von denjenigen Morphologen, welche einen weiteren Ueberblick über die gesammten Erscheinungen der organischen Natur besitzen, vielleicht für überflüssig, weil selbstverständlich, erachtet werden wird, muss dasselbe dagegen von denjenigen Morphologen, welche auf Grund ihrer beschränkten Naturanschauung die Species-Constanz vertheidigen, (und es ist dies leider noch heute die grosse Mehrzahl!) mit aller Macht bekämpft werden. Denn aus diesem grossen Grundgesetz allein schon, auch ohne Rücksicht auf die übrigen, muss die Unhaltbarkeit des Dogma von der Species-Constanz folgen. Alle Species-Dogmatiker, auch die vernünftigeren, welche einen grossen Spielraum der Variabilität für jede Species zulassen, behaupten, dass dieser Spielraum innerhalb ganz bestimmter Grenzen beschränkt sei, und dass eine „Art“, möge sie noch so sehr durch Anpassung an verschiedene Lebens-Be-

dingungen abändern, sich immer innerhalb eines bestimmten, von dem Schöpfer uranfänglich in dem systematischen Cataloge seiner Baupläne festgestellten Formenkreises bewege. Indem der Schöpfer jede „Species" als geschlossene Einheit nach einem vorher von ihm ausgedachten Modelle, einem architectonischen Entwurfe schuf, gab er ihr zugleich die Fähigkeit mit, sich an bestimmte Lebensbedingungen bis zu einem gewissen Grade anzupassen, bestimmte er ihr einen geschlossenen Variabilitäts-Kreis, erlaubte ihr aber nicht, diese Grenze zu überschreiten. Diese unter der grossen Mehrzahl der Morphologen noch heute verbreitete Vorstellung ist eben so absurd, als alle übrigen Consequenzen, zu welchen das Dogma von der Species-Constanz nothwendig hinführt. Indessen thut diese Absurdität der Geltung jener Vorstellung, da sie bereits durch Vererbung sich stark befestigt hat, keinen Eintrag. Um so mehr müssen wir uns hier auf das Entschiedenste dagegen erklären und das eben aufgestellte Gesetz von der unbeschränkten Anpassungsfähigkeit der Organismen auf das Bestimmteste aufrecht erhalten.

In der That finden wir in der gesammten organischen Natur nicht eine einzige Erscheinung, welche der Annahme widerspricht, dass alle Organismen zu jeder Zeit ihres Lebens und an jedem Theile ihres Körpers eine neue Abänderung erleiden können, sobald sie neuen Existenz-Bedingungen unterworfen werden. Dass immer neue Existenz-Bedingungen entstehen, dass die vorhandenen einer beständigen Veränderung unterworfen sind, dass die ganze Welt nicht still steht, sondern sich in einer beständigen Veränderung, und zwar in einer fortschreitenden Entwickelungs-Bewegung befindet, wird Niemand leugnen, der einen allgemeinen Ueberblick der uns umgebenden Erscheinungs-Welt besitzt, und bei dem nicht durch langjährige Anpassung an den beschränkten Gesichtskreis der degenerirten systematischen Morphologie sein Erkenntniss-Vermögen rudimentär geworden oder ganz verloren gegangen ist. Aus dieser beständigen, unaufhörlichen, wenn auch langsam und allmählich stattfindenden Umänderung der Aussenwelt, welche dem Organismus seine Existenz-Bedingungen vorschreibt, folgt nun schon unmittelbar eine entsprechende Umänderung der Organismen selbst, denn wo die Ursachen sich ändern, da kann auch die Wirkung nicht dieselbe bleiben. Entsprechend der überall und jederzeit stattfindenden Veränderung der Aussenwelt, mit welcher die Organismen in Wechselwirkung leben, muss auch überall und jederzeit eine Anpassung der letzteren an die erstere, also eine unbeschränkte Umgestaltung stattfinden. Diese kann zu jeder Zeit des Lebens und an jedem Theil des Organismus eintreten, da die umgestaltenden Kräfte, d. h. die Veränderungen der Existenz-Bedingungen zu jeder Zeit stattfinden und auf jeden Theil des Körpers mittelbar oder unmittelbar einwirken können.

Selbstverständlich ist eine bestimmte Schranke der Anpassungsfähigkeit allgemein durch die ihr entgegenwirkende Erblichkeit gesetzt, durch den „Typus“ des Stammes; allein innerhalb dieses Typus, innerhalb der unveräusserlichen Charaktere des Phylon, ist eine Schranke nicht vorhanden, und die parasitischen Crustaceen z. B. scheinen auch jene Grenze der Typus-Charaktere zu überschreiten.

Mit der gleichen Nothwendigkeit, mit welcher sich dieses Gesetz als eine unmittelbare Folgerung aus der grossen Erscheinung der beständigen Umänderung der Gesammtnatur (und speciell der anorganischen Natur) ableiten lässt, mit derselben Nothwendigkeit drängt sich uns unmittelbar seine allgemeine Geltung auf, wenn wir die gesammten Erscheinungsreihen der organischen Natur von dem höheren allgemeinen Gesichtspunkte aus vergleichend betrachten. Die gesammte Phylogenie, die gesammte Physiologie der Organismen liefert eine übereinstimmende Kette von Beweisen für dasselbe. Die Phylogenie zeigt uns, wie ein und derselbe Stamm von organischen Formen, z. B. der der Wirbelthiere, aus einfacher Basis entspringend, sich nach allen Seiten reich verzweigt, wie die Mannichfaltigkeit seiner divergenten Aeste mehr und mehr im Laufe der Erdgeschichte zunimmt und wie dieselben noch in der Gegenwart eine unbegrenzte Fähigkeit zur Abänderung zeigen. Freilich ist diese Fähigkeit sehr verschieden. Die einen Species sind äusserst variabel, die anderen sehr constant, eine dritte Gruppe nur in mässigem Grade abänderungsfähig. Diese Thatsache entspricht aber vollkommen der ungleichen physiologischen Constitution und Lebensweise der verschiedenen Arten. Solche Arten, die nur unter ganz beschränkten Bedingungen existiren können, die sich bereits einer grossen Summe specieller Existenz-Verhältnisse angepasst haben (wie z. B. viele Parasiten), die also auch nur einen beschränkten Verbreitungs-Bezirk haben werden, können sich nur in geringem Grade und nur nach bestimmten eng begrenzten Richtungen hin verändern und neu anpassen. Solche Arten dagegen, die unter sehr verschiedenen Bedingungen existiren können, die sich nur einer kleinen Summe specieller Existenz-Verhältnisse angepasst haben (wie z. B. die Mäuse), die also auch einen weiteren Verbreitungs-Bezirk haben werden, können sich noch in hohem Grade und nach vielen verschiedenen Richtungen hin verändern und neu anpassen. Wir können die letzteren Arten mit Snell[1]) als ideale, die ersteren dagegen als praktische Typen bezeichnen.

---

[1]) Carl Snell, die Schöpfung des Menschen. Leipzig 1863. Dieses Schriftchen ist sehr zu empfehlen wegen der anschaulichen Beweisführung, dass alle Entstehung organischer Formen nicht als Schöpfung, sodann nur als Entwickelung gedacht werden kann. Wenn auch die zoologischen Beispiele zum Theil nicht glücklich gewählt, und in der einzelnen genealogischen Speculation manche Irrthümer sind, so

Dieser Unterschied zwischen den praktischen oder einseitigen und den idealen oder vielseitigen Organisations-Typen gilt nicht allein von den einzelnen Arten, sondern auch von den Gattungen, Klassen und überhaupt von allen Zweigen des systematischen Stammbaumes. Wir können alle Kategorieen desselben allgemein in die beiden (natürlich nie scharf zu trennenden, sich aber doch im Ganzen gegenüber stehenden) Gruppen der idealen oder in weitem Umfang anpassungsfähigen Gestalten und der praktischen oder in engem Umfang adaptablen Gestalten scheiden. Ideale oder polytrope Typen sind z. B. unter den Echinodermen die Asteriden, unter den Articulaten die Anneliden, unter den Phanerogamen die Cupuliferen. Praktische oder monotrope Typen dagegen sind unter den Echinodermen die Crinoiden und Echiniden, unter den Articulaten die Cestoden und Insecten, unter den Phanerogamen die Palmen und Orchideen. Ferner sind ideale oder vielseitige Gruppen unter den Wirbelthieren z. B. die Selachier, die Eidechsen, die Halbaffen; praktische oder einseitige Gruppen dagegen sind die Teleostier, die Schildkröten, die Fledermäuse. Die idealen oder vielseitigen Gruppen passen sich weniger speciell bestimmten Bedingungen an und bleiben dadurch in höherem Grade entwickelungsfähig. Die praktischen oder einseitigen Gruppen passen sich dagegen ganz speciell bestimmten Bedingungen an, leisten auf diesem beschränkten Gebiete Grösseres, büssen dadurch aber die weitere Entwickelungsfähigkeit ein. Dieser höchst wichtige Unterschied ist auch unter den Individuen der menschlichen Gesellschaft überall und also auch in der Wissenschaft zu verfolgen. Die idealen und vielseitigen philosophisch gebildeten Köpfe, welche die Erscheinungen synthetisch vergleichen und denkend ordnen, sind es, welche die Menschheit im Ganzen weiter bringen, weil sie sie anpassungsfähig erhalten. Die praktischen und einseitigen Gelehrten dagegen, welche die Erscheinungen nur analytisch zergliedern, und welche sich nicht höheren Ideen anpassungsfähig erhalten, können jenen bloss das Material liefern, das sie zum Besten des Ganzen verwerthen.

Wie der Mensch, als das am genauesten und am längsten untersuchte Thier, für alle allgemeinen biologischen Erscheinungen, und namentlich für die von uns hier untersuchten Gesetze der Vererbung und der Abänderung die besten und schlagendsten Beispiele liefert, so giebt er uns auch den sichersten Beweis für das grosse Gesetz der unbeschränkten Anpassung. In diesem Gesetze liegt die ganze unbegrenzte Entwickelungsfähigkeit des Menschengeschlechts eingeschlossen und für uns speciell die tröstliche Aussicht, dass der vielgerühmte Culturzustand des neunzehnten Jahrhunderts sicher nach Verlauf weni-

verdienen doch viele allgemeine Bemerkungen als höchst treffend besondere Beherzigung und keineswegs die Verachtung, die manche Empiriker gegen dieselben ausgesprochen haben.

ger Jahrhunderte, und vielleicht schon vor Beginn des zweiten Jahrtausends n. Chr. als der Zeitpunkt des Erwachens aus den scholastischen, halb barbarischen Vorurtheilen des Mittelalters und seiner Fortsetzung bis zur Gegenwart bezeichnet werden wird. Es hiesse an dem Werthe der Menschheit und dem ungeheuren Fortschritt, den sie bereits seit ihrer Divergenz von den übrigen Affen gemacht hat, verzweifeln, wenn man nicht die gleiche Fähigkeit der dauernden Anpassung und Vervollkommnung auch für alle kommenden Zeiten behaupten wollte. Wie aber im Gehirne des Menschen sich die unbegrenzte Anpassungsfähigkeit des Organismus auf das schlagendste bekundet, so gilt dieselbe auch als allgemeines Gesetz für alle übrigen Organismen.

VI. Vererbung und Anpassung.

(Atavismus und Variabilität.)

Vererbung und Anpassung sind die beiden einzigen physiologischen Functionen, welche in ihrer beständigen Wechselwirkung die unendlich mannichfaltigen Unterschiede aller Organismen bedingen, und zwar nicht bloss die morphologischen, sondern auch die davon nicht trennbaren physiologische Unterschiede. Alle Eigenschaften, welche wir an den einzelnen Organismen wahrnehmen, und durch welche wir sie von den andern unterscheiden, und zwar ebenso alle Eigenschaften der Form, wie des Stoffes und der Function, sind lediglich die nothwendigen Producte der Wechselwirkung jener beiden formenden Kräfte. Im Allgemeinen ist jeder ausgebildete Charakter, jedes entwickelte Merkmal, jede wesentliche Eigenschaft des Organismus ein Product beider Factoren, der auf der Fortpflanzung beruhenden Vererbung und der auf der Ernährung beruhenden Anpassung. Im Besonderen jedoch können wir von jedem einzelnen Merkmal sagen, dass es in seinem gegenwärtigen Zustande entweder vorwiegend durch Vererbung oder vorwiegend durch Anpassung erworben sei; und ursprünglich sind alle Charaktere entweder vererbte oder erworbene. Wir können also, und es ist dies von der grössten Wichtigkeit für die Systematik, alle Eigenschaften, alle Charaktere der Organismen in zwei gegenüberstehende Gruppen bringen: Ererbte Eigenschaften (Characteres hereditarii) und durch Abänderung der vererbten erworbene, angepasste Eigenschaften (Characteres adaptati).

Während diese Vereinigung von ererbten und durch Anpassung erworbenen Charakteren sich bei allen Organismen findet, welche durch Fortpflanzung von elterlichen Organismen entstehen, existirt ein etwas anderes Verhältniss bei denjenigen Organismen, welche elternlos durch Selbstzeugung oder Autogonie entstanden, bei den structurlosen Mo-

neren also, die im sechsten Capitel besprochen worden sind. Bei diesen fällt natürlich das Moment der Ererbung weg und an dessen Stelle tritt die unmittelbare physikalische und chemische Beschaffenheit der Materie, aus welcher das autogone Moner besteht. Diese ist es, welche hier der Anpassung entgegenwirkt, und welche zum erblichen Charakter wird, wenn das Moner sich fortpflanzt. Im Grunde ist aber dieser Unterschied nur sehr unwesentlich, da ja auch das Wesen der erblichen Eigenschaften in der unmittelbaren physikalischen und chemischen Beschaffenheit der Materie liegt, aus welcher der Organismus besteht. Wir kommen hier im Wesentlichen zurück auf den Unterschied der beiden in Wechselwirkung stehenden gestaltenden Kräfte, welche wir im fünften Capitel untersucht haben, auf den inneren und äusseren Bildungstrieb. Wir sprachen dort aus, dass jeder Organismus ein Product der Wechselwirkung dieser beiden Factoren ist, des inneren Bildungstriebes, d. h. der physikalischen und chemischen Kräfte, welche der den Organismus constituirenden Materie inhäriren, und des äusseren Bildungstriebes, d. h. der physikalischen und chemischen Kräfte, welche der den Organismus umgebenden Materie der Aussenwelt innewohnen und auf erstere einwirken. Offenbar ist jener nun bei allen Organismen, die durch Fortpflanzung entstanden sind, der in der Vererbung wirkende, dieser dagegen in allen Fällen der in der Anpassung und Abänderung wirkende Gestaltungstrieb. Wir können also das wichtige Gesetz, welches die gesammte Mannichfaltigkeit der Organismen-Welt auf die Wechselwirkung von nur zwei gestaltenden Kräften zurückführt, in folgende Worte zusammenfassen:

Alle Eigenschaften oder Charaktere der Organismen sind das Product der Wechselwirkung von zwei gestaltenden physiologischen Functionen, dem inneren, auf der materiellen Zusammensetzung des Organismus beruhenden und durch die Fortpflanzung vermittelten Bildungstriebe der Vererbung, und dem äusseren, auf der Gegenwirkung des Organismus gegen die Aussenwelt beruhenden und durch die Ernährung vermittelten Bildungstriebe der Anpassung. In jeder Eigenschaft des Organismus kann aber der eine der beiden Bildungstriebe als die vorzugsweise bewirkende Ursache erkannt werden, und in dieser Beziehung sind alle Charaktere des Organismus in erster Instanz entweder ererbt oder durch Anpassung erworben.

Aus Gründen, welche wir im sechsten Buche erörtern werden, bezeichnen wir die ererbten oder Vererbungs-Charaktere als homologe, die angepassten oder Anpassungs-Charaktere als analoge. Eine Hauptaufgabe der gesammten Morphologie der Organis-

men beruht in der Erkenntniss dieses Unterschiedes, und wenn die Systematik und die vergleichende Anatomie immer in erster Linie bestrebt gewesen wäre, diesen Unterschied zu entdecken, so würde sie ihrer Aufgabe, der Erkenntniss der natürlichen Verwandtschaften der Organismen, schon unendlich näher sein. Denn es liegt auf der Hand, dass nur die homologen oder ererbten Charaktere uns auf die Erkenntniss der natürlichen Blutsverwandtschaft hinleiten können, während die analogen oder angepassten Charaktere nur geeignet sind, dieselbe uns zu verhüllen. Die ganze Kunst der vergleichenden Morphologie (die man nur künstlich in vergleichende Anatomie und Systematik trennt) beruht also darauf, zu erkennen, ob die Aehnlichkeit, welche zwei „verwandte" Organismen verbindet, eine Homologie oder eine Analogie ist. Je mehr zwei verwandte Organismen gemeinsame Homologieen besitzen, desto enger sind sie verwandt; je mehr ihre Aehnlichkeit bloss auf Analogieen beruht, d. h. auf der Anpassung an gleiche oder ähnliche Lebens-Bedingungen, desto weniger sind sie verwandt. So stehen die Walfische durch Analogie den Fischen, durch Homologie den Menschen näher. Ebenso stehen die Insekten durch Analogie den Vögeln, durch Homologie den Würmern näher.

Die beiden allmächtigen bewegenden Kräfte der Vererbung und der Anpassung, welche wir oben auf die physiologischen Functionen der Fortpflanzung und Ernährung zurückgeführt haben, sind in ihrer allgemeinen Wechselwirkung die beiden einzigen Factoren, welche die gesammte organische Welt gebildet haben und noch immerfort bilden. Sie haben an die Stelle der inneren Idee, des Schöpfers, des zweckmässigen Bauplanes zu treten, und wie alle die irrthümlichen Vorstellungen weiter heissen mögen, welchen die Teleologie und der Dualismus überhaupt die „Schöpfung" der Organismen zuschreibt.

So einfach nun dieses grosse Gesetz ist, so fest wir überzeugt sind, dass diese beiden Factoren allein die organische Welt geschaffen haben, so ausserordentlich schwierig ist es im Einzelnen den Process ihrer Wechselwirkung zu verfolgen und von jeder einzelnen Function, von jeder einzelnen Formeigenschaft des Organismus zu sagen, wieviel davon Wirkung der Vererbung, wieviel Wirkung der Anpassung sei. Denn alle die verschiedenen Modificationen der Heredität und Adaptation, welche wir in den oben begründeten Gesetzen aufgeführt haben, treten im Organismus in eine so äusserst complicirte Wechselwirkung, dass es, wenigstens bei unseren jetzigen, noch höchst unvollständigen Kenntnissen, äusserst schwierig ist, den Process der organischen Umbildung selbst zu verfolgen.

Hier nun gelangen wir zur Betrachtung der ungemein wichtigen Gesetze, welche sich bis jetzt aus der Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung haben ableiten lassen und deren Aufstellung das be-

sondere und höchst bewunderungswürdige Verdienst von Charles Darwin ist. Zunächst haben wir die wichtigen Vorgänge der natürlichen und künstlichen Züchtung oder Auslese (Selection) zu betrachten, welche den werthvollen Kern seiner Selections-Theorie bilden, und demnächst die weitgreifenden Gesetze der Divergenz oder Differenzirung und des Fortschritts oder der Vervollkommnung, welche sich als Consequenzen aus dem Selections-Gesetz ergeben.

VII. Züchtung oder Selection.

(Zuchtwahl, Auslese.)

Das erste und oberste Gesetz, welches die Entstehung neuer organischer Formen durch die Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung regelt, ist das Gesetz der Züchtung oder Selection. Das Wesen des Züchtungs-Vorganges liegt darin, dass von zahlreichen neben einander lebenden ähnlichen, aber ungleichen Individuen von einerlei Art nur eine bestimmte Anzahl zur Fortpflanzung gelangt, und also seine individuellen Eigenschaften auf die Nachkommenschaft vererbt und dadurch erhält, während die anderen, nicht zur Fortpflanzung gelangenden Individuen derselben Art aussterben, ohne ihre individuellen Eigenschaften vererben und so in den Nachkommen erhalten zu können. Es findet also bei der Fortpflanzung aller Organismen von einerlei Art eine Auswahl oder Auslese, Selection, statt, welche die einen Individuen bevorzugt, indem sie ihnen gestattet, ihre individuellen Charaktere auf die Nachkommenschaft zu vererben, während sie die anderen Individuen benachtheiligt, indem sie ihnen dies nicht gestattet. Durch diese Auslese oder Zuchtwahl wird eine allmähliche Abänderung der ganzen Organismen-Art bedingt, indem die individuellen Charaktere des sich fortpflanzenden Bruchtheils der Art Gelegenheit erhalten, sich durch Vererbung zu befestigen und so immer stärker hervorzutreten.

Der Vorgang der Züchtung oder Auslese ist von dem Menschen künstlich betrieben worden seit jener weit zurückliegenden Zeit, in welcher er, selbst erst dem niedersten Zustande thierischer Rohheit entwachsen, zum ersten Male anfing, Thiere und Pflanzen zu seinem Nutzen bei sich zu halten und fortzupflanzen [1]). Dieser Process war von Anfang an mit einer, zunächst allerdings unbewussten Auslese oder Zuchtwahl (Selection) verbunden, indem der Mensch nur einen Bruchtheil der zu seinem Nutzen gezogenen Thiere und Pflanzen zur Fortpflanzung der Art benutzte, die übrigen dagegen in verschiedener

[1]) Viel früher, als von den Menschen, ist der künstliche Züchtungs-Process wahrscheinlich schon von anderen Thieren betrieben worden, so z. B. von den Ameisen, welche Sclaven halten, und welche die Blattläuse als ihr Melkvieh züchten.

Weise zu seinem Nutzen verwandte. Nun wird der Mensch, sobald er den grossen Nutzen einsah, der ihm durch die Cultur der Thiere und Pflanzen erwächst, schon frühzeitig auf den Gedanken gekommen sein, nicht allein dieselben durch Fortpflanzung bloss zu erhalten, sondern auch, bei der offenbaren Ungleicheit der Individuen, die für seinen Vortheil tauglicheren Individuen allein zu erhalten, die übrigen, weniger tauglichen dagegen zu vernachlässigen. Er wird also bloss die ersteren, nicht die letzteren zur Fortpflanzung (Nachzucht) benutzt haben, und hiermit war bereits die Kunst der individuellen Auswahl, der Auslese zur Nachzucht erfunden, welche das Wesen der künstlichen Züchtung bildet. Indem nämlich der Mensch bei dieser Auswahl der tauglichsten Individuen zur Nachzucht Generationen hindurch diejenigen Individuen aussuchte, die einen bestimmten (für ihn vortheilhaften) Charakter oder eine neu erworbene Abänderung besonders deutlich zeigten, die anderen dagegen, die denselben weniger ausgesprochen oder gar nicht zeigten, ausschied, wurde nicht allein dieser erwünschte Charakter oder die neue Abänderung erhalten, sondern er wurde auch nach den Vererbungs-Gesetzen durch Häufung gesteigert und befestigt. Lediglich durch diese, Generationen hindurch fortgesetzte Auswahl bestimmter Individuen zur Fortpflanzung (Nachzucht), lediglich durch diese andauernde künstliche Auslese oder Zuchtwahl, war der Mensch im Stande, die Wechselwirkung zwischen Vererbung und Abänderung so zu benutzen, dass er schliesslich die zahllosen Culturformen der Hausthiere und Nutzpflanzen erzeugte, die zum Theil von ihren natürlichen Vorfahren viel weiter verschieden sind, als es verschiedene sogenannte „gute Arten“ und selbst verschiedene Gattungen im Naturzustande sind.

Es ist nun Darwin's unschätzbares und besonderes Verdienst, nachgewiesen zu haben, dass einem ganz analogen Züchtungs-Vorgange auch die unendliche Mannichfaltigkeit der Thiere und Pflanzen im wilden Zustande ihre Entstehung verdankt, und dass überall und jederzeit in der vom Menschen unabhängigen Natur eine „natürliche Zuchtwahl“ wirksam ist, welche der künstlichen vom Menschen betriebenen Auslese durchaus analog ist. Dasjenige auslesende Princip, welches in der Natur die auswählende willkürliche Thätigkeit des Menschen ersetzt, ist das von Darwin zuerst entdeckte, äusserst wichtige und complicirte Wechselverhältniss der Organismen zu einander, welches er mit dem Namen des „Kampfes um das Dasein“ (Struggle for life) belegt. Die „natürliche Züchtung“ (Natural selection), welche dieses beständig thätige Princip ausübt, wirkt durchaus analog der vom menschlichen Willen ausgeübten „künstlichen Züchtung“ und erzielt durchaus ähnliche Resultate. Allein während die neuen Formen, welche die künstliche Züchtung hervorbringt, der menschlichen Auslese entspre-

chend dem Nutzen des Menschen dienen, sind dagegen die neuen Formen, welche die natürliche Züchtung hervorbringt, dem Nutzen des abgeänderten Organismus selbst dienstbar. Auch wirkt aus gleich zu erörternden Gründen die letztere zwar langsamer, aber ungleich mächtiger, stetiger und allgemeiner, als die erstere. Um den äusserst wichtigen Process der natürlichen Züchtung, welcher das Skelet der ganzen Selections-Theorie bildet, richtig zu verstehen, wollen wir zuvor den besser bekannten, aber ganz analogen Vorgang der künstlichen Züchtung noch etwas näher ins Auge fassen. Doch können wir schon jetzt den wesentlichen Unterschied zwischen beiden analogen Erscheinungen in folgenden Worten zusammenfassen:

Die künstliche Züchtung besteht darin, dass der planmässig wirkende Wille des Menschen die Fortpflanzung derjenigen Individuen begünstigt, welche durch eine für den Vortheil des Menschen nützliche individuelle Eigenthümlichkeit sich auszeichnen. Die natürliche Züchtung besteht darin, dass der planlos wirkende Kampf ums Dasein die Fortpflanzung derjenigen Individuen begünstigt, welche durch eine für ihren eigenen Vortheil nützliche individuelle Eigenthümlichkeit sich auszeichnen.

VII, A. Die künstliche Züchtung (*Selectio artificialis*).

(Zuchtwahl oder Auslese durch den Willen des Menschen.)

Die Vorgänge der künstlichen Züchtung sind ebenso für die richtige Auffassung der Veränderlichkeit des Organismus von der grössten Wichtigkeit, als sie bisher von den allermeisten Zoologen und Botanikern in der bedauerlichsten Weise vernachlässigt sind. Die letzteren hatten meistens entweder mit den unnützen Species-Spielereien oder mit den gedankenlosen anatomischen Form-Beschreibungen so Viel zu thun, dass sie sich um die unendlich wichtigeren und interessanteren Vorgänge des Lebens selbst und die dabei stattfindende beständige Umbildung der organischen Formen gar nicht kümmerten, und insbesondere die unter ihren Augen vor sich gehenden Veränderungen der Organismen im Culturzustande gänzlich ignorirten. Auch warfen sie wohl gegen eine Vergleichung der Producte künstlicher und natürlicher Züchtung ein, dass jene eben künstliche, nicht natürliche seien, und bis zu welchem Grade der Thorheit sich diese grundlosen Einwürfe verstiegen, kann das Beispiel von Andreas Wagner zeigen, welcher alles Ernstes behauptete, dass auf die Hausthiere und Culturpflanzen, welche so viel variabler, als die wilden Formen sind, überhaupt der Species-Begriff nicht anwendbar sei, weil dieselben gleich vom Schöpfer für den Culturgebrauch des Menschen geschaffen seien.

Um nun zunächst dieses meist ganz irrig aufgefasste Verhältniss

des züchtenden Menschen zu den von ihm erzielten Producten klar festzustellen, müssen wir hervorheben, dass der Mensch keineswegs durch seine Züchtungskünste etwas ausserhalb der Natur der gezüchteten Thiere und Pflanzen Liegendes zu erzielen vermag. Vielmehr beschränkt sich die Thätigkeit des Menschen bei der künstlichen Züchtung lediglich darauf, dass er die Thiere und Pflanzen, welche er umändern oder „veredeln" will, unter neue einflussreiche Existenz-Bedingungen versetzt, und dass er die dadurch hervorgebrachten Abänderungen sorgfältig ausliest, und durch Vererbung befestigt und steigert. So wenig man, wenn der Mensch Natron und Salzsäure zusammenbringt, sagen kann, er habe Kochsalz „künstlich geschaffen", so wenig kann man jemals bei der Züchtung sagen, der Mensch habe neue Formen „künstlich geschaffen", sobald wenigstens damit ausgedrückt werden soll, dass er etwas ausser der Natur der gezüchteten Organismen Liegendes erreicht habe. So wenig die Krankheit, wie die älteren Aerzte glaubten, eine „vita praeter naturam" ist, sondern vielmehr lediglich die natürliche und nothwendige Reaction des Organismus gegen neue, störende, krankmachende Existenz-Bedingungen, so wenig sind die Resultate der künstlichen Züchtung „producta praeter naturam", sondern einzig und allein die natürliche und nothwendige Wirkung der neuen, umgestaltenden Existenz-Bedingungen, denen der Mensch die abänderungsfähigen Organismen unter sorgfältiger Regelung der Ernährung und Fortpflanzung aussetzte.

Alle Gesetze der Vererbung und alle Gesetze der Anpassung, welche wir oben erörtert haben, kommen bei der künstlichen Züchtung zur Anwendung, und die grosse und schwere Kunst des tüchtigen Züchters besteht darin, diese Gesetze richtig zu erkennen und zu handhaben, ihre Wirksamkeit passend zu regeln und die äusserst genaue Kenntniss der Züchtungs-Objecte sich zu erwerben, welche hierfür unentbehrlich ist. Für einen guten Züchter ist daher eine scharfe und sorgfältige Naturbeobachtung sowohl, als eine tiefe und auf langen intimen Verkehr gegründete Bekanntschaft mit der Physiologie der Ernährung und Fortpflanzung, und vor allem mit der unendlichen Biegsamkeit des Organismus unentbehrlich. Er muss die kleinsten und unscheinbarsten individuellen Abweichungen einzelner Thiere und Pflanzen, welche seinem Vortheil entsprechen, erkennen, benutzen und durch sorgfältige Vererbung häufen, befestigen und steigern. Der Schlüssel für die Züchtungserscheinungen, sagt Darwin, liegt in des Menschen „accumulativem Wahlvermögen, d. h. in seinem Vermögen, durch jedesmalige Auswahl derjenigen Individuen zur Nachzucht, welche die ihm erwünschten Eigenschaften im höchsten Grade besitzen, diese Eigenschaften bei jeder Generation um einen wenn auch noch so unscheinbaren Betrag zu steigern. Die Natur liefert allmählich

mancherlei Abänderungen; der Mensch befördert sie in gewissen ihm nützlichen Richtungen. In diesem Sinne kann man von ihm sagen, er schaffe sich nützliche Rassen.“ Es kömmt also Alles darauf an, unter zahlreichen cultivirten Individuen von einer und derselben Art diejenigen heraus zu erkennen und zur Nachzucht auszulesen, welche irgend eine ganz unbedeutende Abänderung, z. B. eine neue Färbung, zeigen, die dem Wunsche des Züchters entspricht. Indem nun diese Individuen sorgfältig fortgepflanzt werden, und indem unter ihren Nachkommen immer diejenigen zur weiteren Fortpflanzung ausgewählt werden, welche jene Abänderung am meisten ausgesprochen zeigen, wird dieser Charakter, welcher anfänglich höchst unbedeutend und dem ungeübten Auge gar nicht erkennbar war, durch Vererbung befestigt, durch fortdauernde Anpassung gehäuft, und dadurch endlich so stark entwickelt, dass er zuletzt eine neue Rasse charakterisirt.

Welche ausserordentlichen Erfolge der Mensch durch umsichtig verfahrende und andauernd wirkende Züchtung, durch sorgfältige und fortgesetzte Auslese erreichen kann, ist erstaunlich, und wenn die organischen Morphologen diese Thatsachen früher erkannt und richtiger gewürdigt hätten, so würden die unnützen und kindischen Streitigkeiten über die Differenz von Rasse und Varietät, Subspecies und Species, mit denen die systematische Literatur gefüllt ist, längst beseitigt sein. Jeder Zweig der Viehzucht und des Gartenbaues liefert uns für diese bewundernswürdige Biegsamkeit und für die in der That unbeschränkte Variabilität des Organismus so schlagende Belege, dass wir auf die Anführung einzelner Beispiele hier verzichten können; wir wollen nur an die unendlich mannichfaltigen künstlich erzeugten Umbildungen der Hunde, Pferde, Schweine, Rinder, Schafe, Kartoffeln, Erdbeeren, Aepfel, Birnen, Astern, Georginen u. s. w. erinnern.

Das wichtigste allgemeine Resultat, zu welchem uns die bewunderungswürdigen Erfolge der planmässig betriebenen künstlichen Züchtung hinführen, lässt sich in folgende Worte zusammenfassen: *Die Unterschiede in physiologischen und morphologischen Charakteren der Thiere und Pflanzen, welche der Mensch durch künstliche Züchtung bei verschiedenen Nachkommen eines und desselben Organismus hervorzubringen vermag, sind oft viel bedeutender, als die Unterschiede in physiologischen und morphologischen Charakteren, welche die Botaniker und Zoologen bei den Pflanzen und Thieren im Naturzustande für ausreichend erachten, um darauf verschiedene Species oder selbst verschiedene Genera zu begründen*[1]).

[1]) Dieser hochwichtige Satz ist unbestreitbar, obwohl gegenwärtig noch viele Botaniker und Zoologen demselben ihre Zustimmung versagen werden. Wer aber selbst die

VII, B. Die natürliche Züchtung (*Selectio naturalis*).

(Zuchtwahl oder Auslese durch den Kampf ums Dasein.)

Die Zuchtwahl, die auslesende Thätigkeit, auf welcher die Züchtung beruht, und welche bei der künstlichen Züchtung durch den „Willen des Menschen" geübt wird, dieselbe wird bei der natürlichen Züchtung durch das gegenseitige Wechsel-Verhältniss der Organismen geübt, welches Darwin als „Kampf ums Dasein" bezeichnet. Auf eine richtige Erfassung dieses Satzes und auf seine beständige Geltendmachung kömmt Alles an, wenn man Darwin's Entdeckung der „natürlichen Züchtung im Kampfe ums Dasein" richtig verstehen und in ihrer ungeheuren causalen Bedeutung würdigen will. Wir müssen daher deren wesentlichen Inhalt kurz erörtern, um so mehr, als auffallender Weise derselbe den gröbsten Missverständnissen und den albernsten Entstellungen ausgesetzt worden ist.

Der Kampf um das Dasein oder das Ringen um die Existenz oder die Mitbewerbung um das Leben (*Struggle for life*, am passendsten vielleicht als „**Wettkampf um die Lebens-Bedürfnisse**" zu bezeichnen) **ist eines der grössten und mächtigsten Naturgesetze, welches die gesammte Organismen-Welt, die Menschen-Welt nicht ausgeschlossen, regiert,**

---

mal mit unbefangenem Blick eine Thier- oder Pflanzen-Gruppe systematisch bearbeitet hat; wer da weiss, wie gänzlich willkürlich die Aufstellung der unterscheidenden Charaktere der Gattungen und Arten ist; wer dann die oft höchst unbedeutenden und oberflächlichen Unterschiede, welche zur Trennung der Species oder Genera benutzt werden, mit den oft höchst bedeutenden und tiefgreifenden Unterschieden zwischen vielen sogenannten künstlichen Rassen vergleicht, die von einer und derselben Stammform abstammen; wer endlich Objectivität genug besitzt, diese und jene Unterschiede vergleichend wägen und messen zu können: der kann nicht in Zweifel darüber bleiben, dass der Differenz-Grad zwischen sogenannten Rassen oder Spielarten einer Art oft viel bedeutender ist, als der Differenz-Grad zwischen sogenannten „guten Arten" einer Gattung oder selbst zwischen verschiedenen „Genera" einer Familie. Man vergleiche nur z. B. die zahllosen Arten von *Salix*, *Rubus*, *Hieracium etc.*, welche durch die unbedeutendsten und schwankendsten „specifischen Charaktere" von einander nur ganz künstlich getrennt werden können, oder die verschiedenen Arten und Gattungen z. B. der Nagethiere (namentlich der Mäuse, *Hypudaeus* etc.), bei welchen Genera und Species durch die kleinlichsten Unterschiede getrennt werden; und dann vergleiche man andererseits z. B. das Riesenpferd der Londoner Brauer und den Pony von Shetland, den Pariser Karrengaul und den englischen Renner; oder die unendlich mannichfaltigen Hunde-Rassen, Windspiel und Dogge, Mops und Pudel, Dachshund und Neufundländer; oder die zahllosen Rassen und Varietäten unserer edlen Obstbäume etc. Es sind hier nicht bloss etwa Abänderungen in äusserer Körperform, Grösse, Färbung, Behaarung u. s. w., welche die Rassen trennen, sondern auch viel bedeutendere und tiefergreifende Abänderungen im Bau des Skelets und der Muskeln, und oft selbst im Bau der edelsten inneren Organe, welche zum Theil unmittelbar durch die künstliche Züchtung, zum Theil mittelbar durch Correlation der Theile entstanden sind. Wenn diese Rassen wild vorkämen, würden daraus die Systematiker verschiedene Genera machen.

und welches allenthalben und zu jeder Zeit bei der unaufhörlichen Lebensbewegung der Organismen thätig ist. Da dasselbe überall unter unseren Augen wirksam ist, könnte es höchst auffallend erscheinen, dass vor Darwin Niemand dasselbe hervorgehoben und wissenschaftlich formulirt hat, wenn es nicht eine bekannte Thatsache wäre, dass die Menschen auf die nächstliegenden Beobachtungen immer zuletzt kommen und das Einfachste und Natürlichste am wenigsten begreifen wollen; eine Thatsache, für welche die Geschichte der organischen Morphologie und vor Allem ihrer wissenschaftlichen Grundlage, der Descendenz-Theorie, auf jeder Seite schlagende Beweise liefert.

Die wesentliche Grundidee des Gesetzes vom Kampfe ums Dasein bildet die Erwägung, dass alle Organismen ohne Ausnahme durch Fortpflanzung eine unendlich viel grössere Anzahl von Individuen erzeugen, als unter den allgemein beschränkten Lebens-Verhältnissen der Organismen, innerhalb der bestimmten Grenzen ihrer nothwendigen Existenz-Bedingungen, neben einander fortexistiren können. Die bei weitem überwiegende Mehrzahl aller organischen Individuen muss nothwendig in früherer oder späterer Zeit (die meisten in der frühesten Zeit) ihrer individuellen Existenz zu Grunde gehen, ohne zur Fortpflanzung gelangt zu sein. Die allermeisten Individuen unterliegen mannichfaltigen Hindernissen der Entwickelung, und gehen frühzeitig unter in dem „Wettkampfe“, den sie mit ihres Gleichen um die Erlangung der unentbehrlichen Existenz-Bedingungen zu kämpfen haben. Nur verhältnissmässig wenige von den zahlreichen Nachkommen jedes organischen Individuums sind vor den übrigen in diesem Ringen um die Existenz bevorzugt, überleben dieselben und gelangen zur Reife und zur Fortpflanzung. Diese Wenigen werden aber offenbar, da alle Individuen ungleich sind, diejenigen sein, welche sich den für Alle nicht ausreichenden Existenz-Bedingungen am besten anpassen konnten und vor den übrigen eine ihnen vortheilhafte individuelle Eigenthümlichkeit voraus hatten. Wenn sich nun dieser Vorgang, diese „Auslese der Besten“, d. h. die Auswahl der am meisten Begünstigten zur Nachzucht, Generationen hindurch wiederholt, so wird sich die individuelle Eigenthümlichkeit, der vortheilhafte Charakter, die nützliche Abänderung, welche den am meisten begünstigten Individuen jenen Vortheil im Wettkampfe verlieh, nicht allein erhalten, sondern auch befestigen und häufen. So entstehen aus einer individuellen Abänderung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung im Verlaufe von Generationen neue Varietäten oder Rassen, welche sich allmählich zu neuen Species divergent entwickeln und immer weiter divergirenden Nachkommen den Ursprung geben können. So bringt der Kampf ums Dasein durch natürliche Züchtung zunächst neue Varietäten, weiterhin aber auch neue Arten, Gattungen u. s. w. hervor.

Bei der ausserordentlichen Wichtigkeit dieses Verhältnisses wollen wir auf einige der wichtigsten Seiten desselben noch specieller eingehen. Was erstens die Zahlenverhältnisse der Vermehrung aller Organismen betrifft, so ist es eine allen Zoologen und Botanikern bekannte Thatsache, dass die Zahl der möglichen Individuen, d. h. derjenigen, welche als Keime producirt werden, ohne sich zu entwickeln, in gar keinem Verhältnisse steht zu der Zahl der verschwindend geringen Zahl der wirklichen Individuen, welche thatsächlich aus einzelnen Keimen zur Entwickelung gelangen. „Es giebt," sagt Darwin, „keine Ausnahme von der Regel, dass jedes organische Wesen sich auf natürliche Weise in dem Grade vermehre, dass, wenn es nicht durch Zerstörung litte, die Erde bald von der Nachkommenschaft eines einzigen Paares bedeckt sein würde[1])." Die allermeisten organischen Individuen erzeugen während ihres Lebens Hunderte und Tausende, sehr Viele aber Hunderttausende und Millionen von Keimen, welche neuen Individuen den Ursprung geben könnten. Und doch gelangen nur verhältnissmässig äusserst Wenige von diesen Keimen, oft nur ein oder zwei, sehr häufig nur ein paar Dutzend, zur Entwickelung, und von diesen sich entwickelnden ist es wiederum nur ein ganz geringer Bruchtheil, welcher zur vollständigen Reife und zur Fortpflanzung gelangt. Diese unbezweifelbare und höchst wichtige Thatsache zeigt sich am schlagendsten darin, dass die absolute Anzahl der organischen Individuen, welche unsere Erde bevölkern, im Grossen und Ganzen durchschnittlich dieselbe bleibt, und dass nur die relativen Zahlen-Verhältnisse der einzelnen Arten zu einander beständig sich ändern.

Das Missverhältniss, welches überall zwischen der äusserst geringen Zahl der wirklich entwickelten Individuen und der äusserst grossen Zahl ihrer entwickelungsfähigen Keime besteht, äussert sich nicht allein in dieser merkwürdigen Thatsache von der durchschnittlichen Constanz der Individuen-Zahl überhaupt, sondern auch in dem eben-

---

[1]) Die Zahlenverhältnisse der Fortpflanzung und Vermehrung jedes einzelnen Organismus liefern hierfür den Beweis. Zu welchen ungeheuren Zahlen die einfache geometrische Progression führt, zeigt das bekannte Beispiel vom Schachbrett und dem Weizenkorn. Schon Linné berechnete, dass, wenn eine einjährige Pflanze nur zwei Samen erzeugte (und es giebt keine Pflanze, die so wenig productiv wäre), und ihre Sämlinge gäben im nächsten Jahre wieder zwei u. s w., sie in 20 Jahren schon eine Million Pflanzen liefern würde. Von dem Elephanten, der sich am langsamsten von allen Thieren zu vermehren scheint, hat Darwin das wahrscheinliche Minimum der natürlichen Vermehrung berechnet. Vorausgesetzt, dass seine Fortpflanzung erst mit 30 Jahren beginnt und bis zum 90sten Jahre dauert, und dass er in dieser ganzen Zeit nur 3 Paar Junge zur Welt bringt, würde nach 500 Jahren die Nachkommenschaft dieses einzigen Paares schon die ungeheuere Zahl von 15 Millionen erreicht haben. Auch der Mensch, der sich doch nur langsam fortpflanzt, würde seine Anzahl schon in 25 Jahren verdoppelt haben.

falls sehr auffallenden Umstande, dass die sehr verschiedene Anzahl der von den verschiedenen Arten producirten Keime gar keinen Einfluss hat auf die verschiedene Anzahl der wirklich entwickelten Repräsentanten dieser Arten. Organismen, die nur sehr wenige Keime erzeugen, sind in ungeheurer Zahl über die ganze Erde verbreitet; und andere Organismen, die äusserst zahlreiche Keime produciren, existiren umgekehrt in nur wenigen Individuen wirklich. Der Eis-Sturmvogel *(Procellaria glacialis)*, welcher von allen Vögeln der Welt der absolut zahlreichste sein soll, legt nur ein einziges Ei, und andere Vögel (z. B. gewisse Singvögel und Hühnervögel), welche zahlreiche Eier legen, existiren nur in sehr geringer Anzahl. Viele Orchideen, welche Tausende von Samen produciren, gehören zu den seltensten Pflanzen, und viele einköpfige Compositen, die nur eine geringe Anzahl von Samen erzeugen, zu den allerhäufigsten Pflanzen. Die menschlichen Bandwürmer, welche Millionen von Eiern erzeugen, sind viel weniger zahlreich, als die Menschen, welche nur eine geringe Anzahl von Eiern produciren. Die absolute Anzahl der Individuen, welche zu einer bestimmten Zeit von einer Species wirklich leben, ist also entweder gar nicht oder nur in ganz untergeordnetem Maasse abhängig von der Zahl der Keime, welche die Species producirt, dagegen fast ganz oder doch vorwiegend abhängig von der Quantität und Qualität der Existenz-Bedingungen, auf welche jeder Organismus angewiesen ist.

Von diesen Existenz-Bedingungen der Organismen ist nun zunächst hervorzuheben, dass sie für alle Organismen-Arten ganz beschränkte sind. Kein Organismus kann auf allen Stellen der Erde leben. Vielmehr sind alle auf einen Theil der Erdoberfläche, und die allermeisten Arten auf einen sehr kleinen Theil derselben beschränkt. Mit anderen Worten, für jede einzelne Art giebt es nur eine bestimmte Anzahl von Stellen im Haushalte der Natur. Es ist durch die absolute Beschränkung der Existenz-Bedingungen ein absolutes Maximum von Individuen bestimmt, welche im günstigsten Falle auf der Erde neben einander leben können. Was die Natur der Existenz-Bedingungen selbst betrifft, so sind sie für jede einzelne Art äusserst complicirt, in den meisten Fällen aber uns ganz unzureichend bekannt oder sogar gänzlich unbekannt. Wir haben oben, als wir von den Existenz-Bedingungen der Aussenwelt sprachen, vorzugsweise die **anorganischen** im Auge gehabt, den Einfluss des Lichts, der Wärme, der Feuchtigkeit, der anorganischen Nahrung u. s. w. Viel wichtiger aber noch als diese und viel einflussreicher auf die Umbildung und Anpassung der Arten sind die **organischen**, d. h. die **Wechselbeziehungen aller Organismen unter einander**. Jede einzelne Organismen-Art ist abhängig von vielen anderen, welche mit ihr am gleichen Orte

leben, und welche ihr entweder schädlich oder gleichgültig oder nützlich sind. Jeder Organismus hat unter den anderen Feinde und Freunde, solche die seine Existenz bedrohen und solche die sie begünstigen. Die ersteren können ihm Nahrung entziehen, z. B. Parasiten, die letzteren dagegen ihm Nahrung liefern, z. B. Nährpflanzen. Offenbar muss also die Zahl und Qualität aller organischen Individuen, welche an einem und demselben Orte beisammen leben, sich gegenseitig bedingen, und offenbar muss jede Abänderung einer einzelnen Art in Zahl und Qualität auf die übrigen, mit ihr in Wechselwirkung stehenden zurückwirken. Dass diese gegenseitigen Wechselbeziehungen aller benachbarter Organismen äusserst wichtige sind, und dass sie auf die Abänderung und Anpassung der Arten weit mehr Einfluss haben, als die anorganischen Existenz-Bedingungen, ist zuerst von Darwin mit aller Schärfe hervorgehoben worden. Leider sind uns nur diese äusserst verwickelten Wechselbeziehungen der Organismen meist gänzlich unbekannt, da man bisher fast gar nicht auf dieselben geachtet hat, und so ist denn in der That hier ein ungeheures und ebenso interessantes als wichtiges Gebiet für künftige Untersuchungen geöffnet [1]). Die Oecologie oder die Lehre vom Naturhaushalte, ein Theil der Physiologie, welcher bisher in den Lehrbüchern noch gar nicht als

---

[1]) Welch hohes Interesse dieser Zweig der Physiologie bietet, mag hier das von Darwin aufgeführte Beispiel von den Wechselbeziehungen der Katzen in England zum rothen Klee erläutern. Der rothe Klee, eine der wichtigsten Futterpflanzen Englands, kann allein dann Samen zur Entwickelung bringen, wenn seine Blumen von Hummeln besucht und bei dieser Gelegenheit befruchtet werden. Da andere Insekten den Nektar in diesen Blüthen nicht erreichen können, muss also die Fruchtbarkeit des Klee's von der Zahl der Hummeln in derselben Gegend abhängig sein, die ihrerseits durch die Zahl der Feldmäuse bedingt wird, welche die Nester und Waben der Hummeln zerstören. Die Zahl der Feldmäuse steht wieder in umgekehrtem Verhältnisse zu der Zahl der Katzen, ihrer ärgsten Feinde. Und so kann denn, durch die Kette von Wechselbeziehungen zwischen Katzen, Feldmäusen, Hummeln und rothem Klee, der grosse Einfluss der Katzen auf den Klee daselbst nicht geleugnet werden. Das Beispiel lässt sich aber, wie Carl Vogt gezeigt hat, noch sehr hübsch weiter verfolgen. Da der rothe Klee eines der wichtigsten und besten Nahrungsmittel für das englische Rindvieh ist, so beeinflusst seine Qualität und Quantität diejenige des Rindfleisches, welches bekanntlich für die gesunde Ernährung des englischen Volkes unentbehrlich ist. Da ferner die höchst entwickelten Functionen des letzteren, die Entwickelung seiner Industrie, seiner Marine, seiner freien staatlichen Institutionen durch die starke Entwickelung des Gehirns der Engländer bedingt ist, die wiederum von ihrer kräftigen Ernährung durch gutes Fleisch abhängig ist, so finden wir den rothen Klee von grossem Einfluss auf die gesammte Culturblüthe, durch welche gegenwärtig England in vielen Beziehungen an der Spitze aller Nationen steht. Wir haben hier also folgende interessante Kette von Wechselbeziehungen zwischen der englischen Cultur und den englischen Katzen: Viel Katzen, wenig Feldmäuse, viel Hummeln, viel Klee, viel Rindfleisch, wenig Krankheit des Menschen, viel Nervenentwickelung desselben, viel Gehirn-Differenzirung, viel Gedanken, viel Freiheit, viel Cultur.

solcher aufgeführt wird, verspricht in dieser Beziehung die glänzendsten und überraschendsten Früchte zu bringen [1]).

Die Thatsache, dass zwischen allen Organismen, welche an einem und demselben Orte der Erde beisammen leben, äusserst zusammengesetzte Wechselbeziehungen herrschen, kann nicht geleugnet werden, ebensowenig die Thatsache, dass von den zahlreichen individuellen Keimen aller Organismen nur eine ganz geringe Anzahl zur Entwickelung und Fortpflanzung gelangt. Bringen wir nun diese unleugbaren Thatsachen mit den oben festgestellten Gesetzen der Vererbung und Abänderung in Zusammenhang, so folgt aus dieser Combination mit absoluter Nothwendigkeit die Existenz und Wirksamkeit der natürlichen Züchtung. Denn da alle Individuen ungleich und abänderungsfähig sind, da nur eine beschränkte Anzahl der im Keime existirenden Individuen sich entwickeln kann, so muss nothwendig ein Kampf um das Dasein, d. h. ein Wettkampf zwischen den Organismen um die Erlangung der Existenz-Bedingungen stattfinden, in welchem die ungleichen Individuen ungleiche Stellungen und ungleiche Aussichten haben. Diejenigen Individuen, welche durch irgend eine individuelle Eigenthümlichkeit, irgend eine neu erworbene Abänderung, einen Vorzug vor den übrigen ihrer Art voraus haben, werden ihnen überlegen sein und sie besiegen. Sie allein werden zur Fortpflanzung gelangen und ihre Abänderung auf die Nachkommenschaft übertragen. Diese individuelle Eigenschaft wird sich auf die Nach-

---

[1]) Die bisherige einseitige, wenn auch in einzelnen Zweigen bewunderungswürdig hohe Ausbildung der Physiologie veranlasst mich hier ausdrücklich hervorzuheben, dass die Oecologie, die Wissenschaft von den Wechselbeziehungen der Organismen unter einander, und ebenso die Chorologie, die Wissenschaft von der geographischen und topographischen Verbreitung der Organismen, integrirende Bestandtheile der Physiologie sind, obwohl sie gewöhnlich gar nicht dazu gerechnet werden. Nach meiner Ansicht muss die Physiologie in drei Hauptabschnitte zerfallen: I. Physiologie der Ernährung (Nutrition); II. Physiologie der Fortpflanzung (Generation); III. Physiologie der Beziehung (Relation). Zu dieser letzteren gehört die Oecologie als die Physiologie der Wechselbeziehungen der Organismen zur Aussenwelt und zu einander, und ebenso die Chorologie als die Physiologie der geographischen und topographischen Verbreitung (ἡ χώρα der Wohnort). Die Physiologie der Beziehungs-Verrichtungen der Thiere würde also nicht bloss die Functionen der Nerven, der Sinnesorgane, der Muskeln zu erörtern haben, sondern auch die zusammengesetzteren Functionen, welche die oecologischen und chorologischen Erscheinungen verursachen, und welche aus der einheitlichen Lebensthätigkeit des ganzen Organismus resultiren. Da die Ernährung die Erhaltung des Individuums, die Fortpflanzung die Erhaltung der Species (oder richtiger des Stammes) bewirkt, so kann man die Wissenschaft von diesen beiden Functionen auch als „Conservations-Physiologie“ oder Lehre von den Selbsterhaltungs-Verrichtungen der Organismen zusammenfassen, und ihr als anderen Hauptzweig die „Relations-Physiologie“ oder die Lehre von den Beziehungs-Verrichtungen der Organismen gegenüberstellen. Vergl. Bd. I, S. 238.

kommen in ungleichem Maasse vererben, und da von diesen wiederum diejenigen, welche dieselben am weitesten entwickelt zeigen, die im Kampfe bevorzugten sind, so werden sie abermals zur Fortpflanzung gelangen und ihren Vorzug weiter vererben. Indem sich dieser Process Generationen hindurch wiederholt, muss er nothwendig zunächst zur Erhaltung, dann aber weiter zur Befestigung, Häufung und immer stärkeren Entwickelung jenes ursprünglich erworbenen Charakters führen. Da nun offenbar die Mitbewerbung der ähnlichen Individuen, der Kampf zwischen den verschiedenen Repräsentanten einer und derselben Art um so heftiger und gefährlicher sein muss, je weniger sie verschieden sind, dagegen um so milder und schwächer, je verschiedener ihre Eigenschaften und Bedürfnisse sind, so werden die am meisten von einander abweichenden Formen einer und derselben Art sich am wenigsten bekämpfen, am leichtesten neben einander fortbestehen können, und hieraus folgt die wichtige Consequenz der natürlichen Züchtung, welche wir als Divergenz-Gesetz oder Differenzirungs-Gesetz sogleich noch näher betrachten werden.

Wie wir hieraus sehen, ist es eigentlich vor Allem die Mitbewerbung, der Wettkampf zwischen den zusammenlebenden Individuen derselben Art und der nächstverwandten Arten, welcher durch „natürliche Züchtung" umbildend wirkt. Aehnliche oder nahezu gleiche Individuen, welche dieselben Bedürfnisse haben, denselben Existenz-Bedingungen unterworfen sind, machen sich die Erlangung derselben streitig und suchen sich gegenseitig in diesem Kampfe zu überflügeln. Es findet also in dieser Hinsicht ein wahrer Wettkampf statt, und dieser Wettkampf muss natürlich um so heftiger sein, je gleichartiger die Natur der mit einander ringenden Individuen und die Natur ihrer Lebensbedürfnisse ist. Daher werden zwar immer alle Organismen überhaupt, die an irgend einem Orte der Erde zusammenleben, sich vermöge ihrer nothwendigen Berührungen und Wechselbeziehungen mit einander im Kampfe befinden; der Kampf wird aber zwischen den verschiedenen Arten von sehr verschiedener Heftigkeit, am heftigsten und wirksamsten immer zwischen Individuen einer und derselben Art sein, welche nahezu die gleiche Form und die gleichen Lebensbedürfnisse haben.

Wie die Gesetze der Vererbung und Anpassung auf den Menschen ganz ebenso wie auf alle anderen Organismen ihre Anwendung finden, so sehen wir auch das Gesetz der natürlichen Züchtung im Kampfe um das Dasein, welches auf der Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung beruht, in der menschlichen Gesellschaft ganz ebenso wirksam wie in der übrigen Natur. Der Kampf ums Dasein, der Wettkampf der Individuen um die unentbehrlichen Lebensbedürfnisse, und die daraus hervorgehende natürliche Auslese, die Zucht-

wahl der den Kampf am besten bestehenden Individuen ist es, welche die Differenzirung, Umbildung und Vervollkommnung der menschlichen Gesellschaft ganz ebenso wie der übrigen organischen Natur bedingt. Nur sind beim veredelten, hochcivilisirten Menschen die Wechselbeziehungen der zusammenlebenden Individuen und also auch die Bedingungen des Wettkampfes unendlich viel complicirter und mannichfaltiger als bei den übrigen organischen Individuen. Zwar sind auch bei den meisten Menschen, wie bei allen übrigen Organismen, die einzigen oder doch die letzten Triebfedern aller Handlungen die Triebe der Selbsterhaltung (Ernährung, Hunger) und die Triebe der Arterhaltung (Fortpflanzung, Liebe). Allein abgesehen von den niederen Menschenrassen und den niedrigst stehenden Individuen der höheren Menschenrassen, welche auf der tiefsten Stufe der thierischen Rohheit stehen geblieben sind, haben sich diese beiden Grundtriebe des Hungers und der Liebe bei den höher stehenden Menschen allgemein in hohem Maasse veredelt, höchst vielseitig entwickelt und differenzirt, so dass bei den höchst entwickelten Menschen besondere Zweige derselben sich zu besonderen, neuen, den übrigen Thieren fehlenden Trieben entwickelt haben; solche höchste menschliche Triebe sind vor allen der Anschauungstrieb (Trieb des Naturgenusses und Kunstgenusses), der Ehrgeiz und der edelste von allen, der Erkenntnisstrieb. So sehr nun auch diese neuen, nur bei dem höheren Menschen ausgebildeten Triebe denselben über die niederen erheben, so finden dennoch die Gesetze der Vererbung und Anpassung, und die Wechselwirkung derselben im Kampfe um das Dasein auch hier überall ihre Anwendung, und auch hier ist es die natürliche Züchtung, welche bei dem Wettkampfe der Bewerber um die Befriedigung jener Triebe dem am meisten bevorzugten d. h. dem talentvollsten und muthigsten oder scharfsinnigsten Kämpfer den Sieg verschafft. Auch hier muss der Kampf zwischen den nächstverwandten Individuen natürlich am heftigsten sein, und so werden z. B. zwei Künstler welche Marmorbilder schaffen, in der stärksten Mitbewerbung befindlich sein, während zwei Künstler, von denen der eine ein Bildhauer, der andere ein Maler ist, in viel geringerem Grade in Concurrenz sich befinden, und endlich zwei Künstler von denen der eine ein Bildhauer, der andere ein Musiker ist, kaum noch einen künstlerischen Kampf ums Dasein zu bestehen haben. Die freie Concurrenz der Menschen, welche als Freihandel, Freizügigkeit etc. alle unsere Culturthätigkeit hebt, alle unsere Culturerzeugnisse veredelt, ist in der That nichts Anderes, als die natürliche Züchtung im Kampfe um das Dasein.

Wenn wir den Begriff des „Kampfes ums Dasein" scharf bestimmt anwenden wollen, so müssen wir denselben beschränken auf die gegenseitige Wechselwirkung der Organismen, auf

die nothwendige Mitbewerbung der Organismen um die mehr oder weniger unentbehrlichen Lebensbedürfnisse. Wir heben dies deshalb besonders hervor, weil Darwin den Begriff allerdings vorzugsweise in dieser eigentlichen Hauptbedeutung gebraucht, gelegentlich aber auch in einer weiteren metaphorischen Ausdehnung, welche seiner Reinheit schadet und leicht zu Missverständnissen führt. Er nennt nämlich auch die Abhängigkeit der Organismen von organischen und anorganischen Existenz-Bedingungen einen „Kampf ums Dasein"; er sagt z. B., dass Pflanzen und Thiere in Zuständen des Mangels **mit** den nothwendigen Existenz-Bedingungen ringen; und nennt dies ein Ringen „**um** die Existenz", während man nur dasjenige Ringen als solches bezeichnen sollte, welches **zwischen** mehreren Organismen **um** jene nothwendigen Lebensbedürfnisse statt findet[1]). Allerdings kann man sagen, und sagt in der That häufig:

---

1) Da es uns sehr wichtig erscheint, unter „Kampf ums Dasein" lediglich den Wettkampf der in Mitbewerbung stehenden Organismen und nicht ihre Abhängigkeit von anorganischen Existenzbedingungen zu verstehen, so wollen wir die betreffende anders lautende Stelle Darwins hier ausdrücklich widerlegen; er führt (l. c. p. 68) verschiedene Beispiele vom Kampfe ums Dasein in einer Reihe an, unter denen nach unserer Ansicht echte und unechte gemischt sind. Wir wollen die unechten in *Cursivschrift* in [*Klammern*] einschalten. Darwins Worte lauten: „Ich will voraussenden, dass ich den Ausdruck: Ringen ums Dasein in einem weiten und metaphorischen Sinne gebrauche, in sich begreifend die Abhängigkeit der Wesen von einander, und, was wichtiger ist, nicht allein das Leben des Individuums, sondern auch die Sicherung seiner Nachkommenschaft. Man kann mit Recht sagen, dass zwei Hunde in Zeiten des Mangels um Nahrung und Leben mit einander kämpfen. [*Aber man kann auch sagen, eine Pflanze ringe am Rande der Wüste um ihr Dasein mit der Trockniss, obwohl es angemessener wäre, zu sagen sie sei von Feuchtigkeit abhängig.*] Von einer Pflanze, welche alljährlich tausend Samen erzeugt, unter welchen im Durchschnitt nur einer zur Entwicklung kommt, kann man noch richtiger sagen, sie ringe ums Dasein mit anderen Pflanzen derselben oder anderer Arten, welche bereits den Boden bekleiden. [*Die Mistel ist abhängig vom Apfelbaum und einigen anderen Baumarten; doch kann man nur in einem weit ausholenden Sinne sagen, sie ringe mit diesen Bäumen; denn wenn zu viele dieser Schmarotzer auf demselben Stamme wachsen, so wird er verkümmern und sterben.*] Wachsen aber mehrere Sämlinge derselben dicht auf einem Aste beisammen, so kann man in Wahrheit sagen, sie ringen mit einander. Da die Samen der Misteln von Vögeln ausgestreut werden, so hängt ihr Dasein mit von dem der Vögel ab und man kann metaphorisch sagen, sie ringen mit anderen beerentragenden Pflanzen, damit die Vögel eher ihre Früchte verzehren und ihre Samen ausstreuen, als die der anderen. In diesen mancherlei Bedeutungen, welche in einander übergehen, gebrauche ich der Bequemlichkeit halber den Ausdruck: Ums Dasein ringen."

Von diesen Beispielen sind nach unserer Ansicht die *cursiv gedruckten und eingeklammerten* Fälle nicht unter die echte Kategorie des eigentlichen Kampfes um das Dasein zu rechnen, weil sie nur die Abhängigkeit des Organismus von gewissen Existenzbedingungen ausdrücken, welche zwar an sich umbildend, anpassend, aber ohne die Mitwirkung der Vererbung nicht züchtend auf den abhängigen Organismus wirken kann. Der wirkliche Kampf ums Dasein kann nur ein Wettkampf zwischen verschie-

der Organismus kämpft mit Noth, ringt mit Hunger, Durst etc. Allein dieser Kampf wirkt höchstens anpassend, aber nicht züchtend. Erst wenn Anpassung und Vererbung zusammenwirken, also im Laufe von Generationen, wirkt jenes anpassende Moment züchtend, und wird dann wirklich zum Kampf ums Dasein.

Um die ungeheure Wichtigkeit, welche der Kampf ums Dasein für die Umbildung der ganzen organischen Natur besitzt, wahrhaft zu erkennen und seine unermessliche Bedeutung richtig zu schätzen, muss man nicht, wie es die meisten Biologen gegenwärtig ausschliesslich zu thun gewohnt sind, die einzelnen Lebensformen herausgreifen, und für sich betrachten; sondern man muss sie in ihrer Gesammtheit, in ihrer allgemeinen und stetigen Wechselwirkung vergleichend erfassen. Man muss in der Natur selbst diese unendlich verwickelten Wechselbeziehungen und das stete Ringen aller Individuen um die Existenz sorgfältig beobachtet haben, und man muss lange und eingehend darüber nachgedacht haben, wenn man den „Kampf um das Dasein" wirklich als das „natürlich züchtende", auslesende, Zuchtwahl übende Princip erkennen will. Und da diese nothwendigen Vorbedingungen meist nicht erfüllt sind, da die meisten Zoologen und Botaniker lediglich in der sorgfältigen analytischen Beobachtung des Einzelnen, und nicht in der ebenso wichtigen und nothwendigen synthetischen Betrachtung des Ganzen ihre Aufgabe finden, so können wir uns nicht wundern, dass der „Kampf ums Dasein" von den Meisten entweder gar nicht begriffen oder doch nur unvollkommen verstanden und nicht zur Erklärung der biologischen Erscheinungen als Causal-Moment benutzt wird. In dieser Beziehung sind Darwins Worte äusserst beherzigenswerth: „Nichts ist leichter, als in Worten die Wahrheit des allgemeinen Wettkampfs ums Dasein zuzugestehen, und Nichts schwerer, als — wie ich wenigstens gefunden habe — dieselbe im Sinne zu behalten. Und bevor wir solche dem Geiste nicht tief

---

denen Organismen sein, welche um die Erlangung derselben Existenz-Bedürfnisse ringen, und kann daher wirklich züchtend auch nur im Verlaufe von Generationen wirken, d. h. durch Combination von Abänderung und Vererbung. Wir können also in dem angeführten Beispiele nur die Wechselbeziehungen zwischen verschiedenen Mispelpflanzen, ferner diejenigen zwischen den Misteln und anderen beerentragenden Pflanzen als wirklichen Kampf ums Dasein bezeichnen, nicht aber diejenigen zwischen den Mispeln und den Bäumen, auf denen sie leben. Diese letztere Wechselbeziehung ist ein blosses Anpassungs-Verhältniss und wird erst zum Kampfe ums Dasein, wenn sie in Verbindung mit der Vererbung züchtend wirkt. Ein echter „Kampf ums Dasein, d. h. ein wirklich züchtendes Ringen um die Existenz kann nur stattfinden zwischen mehreren Organismen, denen dasselbe Object Lebensbedürfniss ist, nicht aber zwischen dem Organismus und diesem Lebensbedürfniss selbst. Das Ringen zwischen letzteren kann nur eine einfache Anpassung des Individuums bewirken; erst das Ringen zwischen verschiedenen Individuen, welche diese Anpassung in ungleichem Grade erben, wird zum Kampf ums Dasein, der wirklich züchtend dieselben umgestaltet.

eingeprägt, bin ich überzeugt, dass wir den ganzen Haushalt der Natur, die Vertheilungsweise, die Seltenheit und den Ueberfluss, das Erlöschen und Abändern in derselben nur dunkel oder ganz unrichtig begreifen werden." Wenn diese wahren Worte erst Geltung gefunden haben werden, wenn die Botaniker und Zoologen allgemein angefangen haben werden, den Kampf ums Dasein in der Natur eingehend zu beobachten und in seiner züchtenden, auslesenden Wirksamkeit Schritt für Schritt zu verfolgen, wenn die ungeheure Wichtigkeit, welche die züchtenden Wechselbeziehungen der Organismen als „wirkende Ursachen" der Umbildung der organischen Formen besitzen, allgemein anerkannt sein wird: dann wird die entwickeltere Generation der zukünftigen Naturforscher mit Bedauern und Verachtung auf die beschränkten und halbblinden Kleinigkeitskrämer zurückblicken, welche gegenwärtig allein die dürrsten und unfruchtbarsten Aussenseiten des weiten morphologischen Gebietes ausbeuten, ohne zu ahnen, welche unendlich lohnenderen und fruchtbareren ausgedehnten Arbeitsfelder im Inneren des uncultivirten Wissenschafts-Gebietes der Bearbeitung harren.

Da jeder tiefere Blick in die organische Natur uns die äusserst verwickelten Wechselbeziehungen der Organismen offenbart, welche den Kampf ums Dasein und die natürliche Züchtung bedingen, so könnte es überflüssig erscheinen, besondere einzelne Fälle ihrer Wirksamkeit hier anzuführen. Doch wollen wir als besonders schlagende Beispiele wenigstens zwei besondere Wirkungsweisen der natürlichen Auslese hervorheben, welche Darwin als sexuelle Zuchtwahl und als sympathische Färbung der Thiere anführt.

Die sympathische Färbung der Thiere, welche vielleicht besser die sympathische Farbenwahl oder die gleichfarbige Zuchtwahl *(Selectio concolor)* genannt würde, äussert sich in der weit verbreiteten und sehr auffallenden Erscheinung, dass die äussere Färbung sehr zahlreicher Thiere in merkwürdiger Weise übereinstimmt mit der vorherrschenden Farbe ihrer gewöhnlichen Umgebung. So sind die Blattläuse und zahlreiche andere, auf grünen Blättern lebende Insecten grün gefärbt; die meisten Bewohner der gelben oder graubraunen Sandwüsten (z. B. die Antilopen, Springmäuse, Löwen etc.) gelb oder graubraun; die Colibris und Tagfalter, welche nur um die bunten glänzenden Blüthen schweben, bunt und glänzend, wie diese; die meisten Bewohner der Polargegenden sind weiss, wie der Schnee und das Eis, von dem sie umgeben sind (Eisbär, Eisfuchs, Schneehuhn etc.). Vom den letzteren sind sogar Viele (z. B. Polarfuchs und Schneehuhn) bloss im Winter, so lange der reine weisse Schnee die Landschaft bedeckt, weiss, dagegen im Sommer, wo derselbe theilweis abgeschmolzen ist, graubraun, gleich der entblössten Erde. Nun erklärt sich diese scheinbar so auffallende Erscheinung ganz einfach durch die Wirk-

samkeit der natürlichen Züchtung. Nehmen wir an, dass jede Thier-Art ein veränderliches Farbenkleid besessen habe (wie es ja in der That der Fall ist) und dass verschiedene Individuen derselben Art in alle möglichen Farben-Nuancen hinein variirt haben, so haben offenbar diejenigen einen grossen Vortheil im Kampfe ums Dasein gehabt, deren Färbung sich möglichst enge an diejenige ihrer Umgebung anschloss. Denn sie wurden von ihren Feinden, die ihnen nachstellten, weniger leicht bemerkt und aufgespürt, und konnten umgekehrt, wenn sie selbst Raubthiere waren, sich ihrer Beute leichter und unbemerkter nähern, als die übrigen Individuen der gleichen Art, welche eine abweichende Färbung besassen. Die letzteren, weniger begünstigten, mussten allmählich aussterben, und den ersteren, mehr begünstigten das Feld räumen.

Aus diesem Causal-Verhältnisse der sympathischen Farbenwahl ist, wie wir glauben, auch eine der merkwürdigsten, bisher aber noch wenig gewürdigten, zoologischen Erscheinungen zu erklären, nämlich die Wasserähnlichkeit der pelagischen Fauna. Von allen den wundervollen und neuen Erscheinungen, welche den im Binnenlande erzogenen Zoologen bei seinem ersten Besuche der Meeresküste und beim ersten Anblick der unendlich mannichfaltigen Meeresfauna überraschen, erscheint vielleicht keine einzige so wunderbar, so auffallend, so unerklärlich, als die Thatsache, dass zahlreiche Seethiere aus den verschiedensten Classen und Ordnungen, ganz abweichend von den allermeisten Thieren der süssen Gewässer und des Binnenlandes, sich auszeichnen durch vollständigen Mangel der Farbe oder durch eine nur schwach bläuliche, violette oder grünliche Färbung, gleich der des Meerwassers, und dass diese farblosen Thiere dabei so vollkommen wasserhell und durchsichtig, wie Glas sind, oder wie das Meerwasser, in welchem sie leben; bei den Meisten erlaubt die vollständige glasartige Durchsichtigkeit des krystallhellen Körpers ohne Weiteres den vollständigsten Einblick in alle gröberen und feineren Verhältnisse der inneren Organisation. Zu dieser pelagischen Fauna der Glasthiere, wie man collectiv alle diese ausschliesslich im Seewasser schwimmend sich bewegenden (nicht auf dem Grunde oder an der Küste lebenden) wasserklaren Seethiere nennen kann, gehören: von den Fischen die Gruppe der Helmichthyiden (*Leptocephalus*, *Helmichthys*, *Tilurus* etc.); von den Mollusken sehr zahlreiche Repräsentanten verschiedener Classen (von den Cephalopoden *Loligopsis*, von den Cephalophoren *Phyllirrhoe* und die allermeisten Pteropoden und Heteropoden; von den Tunicaten *Pyrosoma*, *Doliolum* und sämmtliche Salpen); von den Crustaceen sehr zahlreiche Repräsentanten fast aller Ordnungen, vorzugsweise aber Copepoden und Amphipoden; von den Würmern die *Alciope* und *Sagitta* und zahlreiche

Larven; von den Echinodermen die schwimmenden Larven; von den Coelenteraten endlich fast alle pelagischen Formen, also die ganze Classe der Ctenophoren und alle pelagischen Hydromedusen (Acraspeden, Craspedoten, Siphonophoren). Gewiss muss es äusserst merkwürdig und seltsam erscheinen, dass so zahlreiche und in ihrer ganzen Organisation so äusserst verschiedenartige Thiere der verschiedensten Classen, als es die genannten und viele andere pelagische Thiere sind, sämmtlich in dem so höchst auffallenden Charakter der glasartigen Durchsichtigkeit des wasserhellen Körpers übereinstimmen und sich dadurch so ausserordentlich in ihrem ganzen Habitus von ihren nächsten Verwandten entfernen, welche den Boden oder die Küsten des Meeres, oder das Süsswasser oder das Festland bewohnen. Grade in diesem offenbaren thatsächlichen Zusammenhange zwischen der wasserklaren Durchsichtigkeit der Glasthiere und ihrer pelagischen Lebensweise, ihrem beständigen Aufenthalte in dem durchsichtigen Wasser, müssen wir nothwendig auch ihre causale Erklärung suchen. Der letztere ist die bewirkende Ursache der ersteren. Offenbar ist allen diesen Glasthieren in dem unaufhörlichen Kampfe, den sie mit einander führen, die glashelle Körperbeschaffenheit vom äussersten Nutzen. Die Verfolger können sich ihrer Beute unbemerkter nähern, die Verfolgten können sich den ersteren leichter entziehen, als wenn Beide gefärbt und undurchsichtig, und also im hellen Wasser leicht sichtbar wären. Nehmen wir nun an, dass von diesen Glasthieren ursprünglich zahlreiche verschiedene Varietäten, verschieden hauptsächlich in dem Grade der Durchsichtigkeit und dem Mangel der Farbe, neben einander existirt hätten, so würden sicherlich die am meisten durchsichtigen und farblosen Individuen im Kampfe um das Dasein das Uebergewicht über die anderen errungen haben, und indem sie Generationen hindurch diese individuelle vortheilhafte Eigenthümlichkeit befestigten und verstärkten, schliesslich nothwendig zur Ausbildung der vollkommen glasartigen Körperbeschaffenheit gelangt sein. Dass letztere in der That auf diesem Wege, durch natürliche Züchtung entstanden ist, kann um so weniger zweifelhaft sein, als die nächsten Verwandten der pelagischen Glasthiere, welche nicht pelagisch an der Oberfläche des Meeres (oder in tieferen Wasserschichten) leben, sondern den Grund des Meeres oder die Küste bewohnen, die glasartige Körperbeschaffenheit nicht besitzen, sondern vielmehr undurchsichtig und entsprechend den bunten Felsen und Fucoideen gefärbt sind, zwischen und auf welchen sie leben. Zur besonderen Bestätigung dieser Auffassung kann auch noch der Umstand dienen, dass viele Seethiere nur in der Jugend, so lange sie als Larven pelagisch leben, glashell und farblos sind, dagegen später, wenn sie den Meeresgrund oder die Küste be-

wohnen, undurchsichtig und bunt gefärbt werden, so z. B. die allermeisten Echinodermen, sehr viele Würmer etc.

Die sexuelle Zuchtwahl oder geschlechtliche Auslese *(Selectio sexualis)* wird von Darwin als eine besondere Form der Auslese oder Selection aufgeführt, „welche nicht von einem Kampfe ums Dasein, sondern von einem Kampfe zwischen den Männchen um den Besitz der Weibchen abhängt". Indessen werden wir diese sexuelle Selection doch nur als eine Modification oder eine speciellere Weise des „Kampfes um das Dasein" aufzufassen haben, sobald wir uns erinnern, dass der letztere überhaupt den „Wettkampf um die Lebensbedürfnisse" bezeichnet. Nun ist aber die Fortpflanzung (die sich bei den höheren Thieren im Triebe der sexuellen „Liebe" äussert) ebenso ein Lebensbedürfniss, eine Existenz-Bedingung, wie die Ernährung (die sich bei den höheren Thieren im Triebe des „Hungers" äussert). Und daher werden wir auch den Wettkampf der Männchen um die Weibchen, welcher bei den meisten höheren Thieren in ähnlicher Weise, wie beim Menschen stattfindet, als einen Theil des Wettkampfes ums Dasein betrachten können. Dieser sexuelle Wettkampf ist äusserst wichtig und interessant; denn auf ihm beruht grossentheils die Entstehung der merkwürdigen secundären Sexualcharaktere, durch welche sich die beiden Geschlechter der höheren Thiere so oft unterscheiden. Die Auswahl oder Selection, welche bei der künstlichen Züchtung der durch den menschlichen Vortheil geleitete Wille des Menschen, bei der natürlichen Züchtung stets der Vortheil des gezüchteten Organismus selbst ausübt, wird bei der sexuellen Züchtung, welche nur ein Theil der letzteren ist, durch den Vortheil des einen Geschlechts geübt. Darwin berücksichtigt hierbei nur das männliche Geschlecht, indem er die sexuelle Auslese allgemein als einen „Wettkampf der Männchen um den Besitz der Weibchen darstellt, dessen Folgen für den Besiegten nicht in Tod und erfolgloser Mitbewerbung, sondern in einer spärlicheren oder ganz ausfallenden Nachkommenschaft bestehen. Im Allgemeinen werden die kräftigsten, die ihre Stelle in der Natur am besten ausfüllenden Männchen die meiste Nachkommenschaft hinterlassen". Indessen glauben wir, dass die sexuelle Auslese auf beide Geschlechter wirkt und dass es auch einen „Wettkampf der Weibchen um den Besitz der Männchen" giebt, welcher entschieden ebenso umbildend und züchtend auf die Weibchen wirkt, als der von Darwin dargestellte auf die Männchen; dies lehrt schon das Beispiel des Menschen. Wir können daher allgemein die sexuelle Selection als einen beide Geschlechter umbildenden Züchtungsprocess bezeichnen; der Wettkampf der Männchen um den Besitz der Weibchen, bei welchem das auslesende, züchtende Princip unmittelbar die Vorzüge der Männchen, mittelbar aber die

dadurch bewirkte active Auswahl der Weibchen ist, und bei welchem also eigentlich die Weibchen wählend, auslesend wirken, kann die weibliche Zuchtwahl *(Selectio feminina)* heissen; umgekehrt kann der Wettkampf der Weibchen um den Besitz der Männchen, bei welchem das auslesende züchtende Princip unmittelbar die Vorzüge der Weibchen, mittelbar die dadurch bewirkte active Auswahl der Männchen ist, und bei welchem also eigentlich die Männchen wählend, auslesend wirken, die männliche Zuchtwahl *(Selectio masculina)* genannt werden; hier wählen die Männchen, dort die Weibchen.

Die sexuelle Züchtung ist desshalb eine besonders interessante und wichtige Form der natürlichen Züchtung, weil sie auch im menschlichen Leben, wie bei den übrigen höheren Thieren, eine sehr bedeutend umgestaltende Wirkung auf beide Geschlechter ausübt. Die somatischen und psychischen Vorzüge des Weibes sind Producte der männlichen Zuchtwahl; die somatischen und psychischen Vorzüge des Mannes sind Producte der weiblichen Zuchtwahl. Diese auswählende, züchtende, umgestaltende Wechselwirkung beider Geschlechter ist äusserst wichtig, und wir glauben, dass ein sehr grosser Theil der vielen Vorzüge, welche den Menschen vor den übrigen Primaten auszeichnen, eine unmittelbare Wirkung der beim Menschen so sehr viel höher entwickelten sexuellen Zuchtwahl ist.

Wie beim Kampfe um das Dasein überhaupt, so sind auch beim Kampfe um die Fortpflanzung die Kämpfe unter den höheren Thieren theils mittelbare Wettkämpfe, theils unmittelbare Vernichtungskämpfe der wetteifernden Nebenbuhler. Unmittelbare Vernichtungskämpfe der um den Besitz der Weibchen streitenden Männchen finden sich häufig bei den Säugethieren; die Mähne des Löwen, die Wamme des Stiers sind offenbar Schutzwaffen — das Geweihe des Hirsches, der Hauer des Ebers, der Sporn des männlichen Schnabelthiers, der Sporn des Hahns, der geweihähnliche Oberkiefer des männlichen Hirschkäfers etc. sind offenbar Angriffswaffen, welche durch Anpassung im unmittelbaren Vernichtungskampfe der um die Weibchen kämpfenden Männchen, durch natürliche Züchtung sich entwickelten. Ebenso wird allgemein die grössere Muskelkraft der männlichen Säugethiere von diesem Kampfe abzuleiten sein. Vom Menschen wurden diese Kämpfe besonders im Alterthum und Mittelalter ausgeübt, wo zahlreiche Duelle und Turniere von den Rittern ausgeführt wurden, und wo allgemein der Stärkere die Braut heimführte, und durch Vererbung seiner individuellen Körperstärke die Muskelkraft des männlichen Geschlechts häufen und befestigen half.

Mittelbare Wettkämpfe um die Fortpflanzung finden namentlich häufig in sehr ausgezeichneter Weise bei den Vögeln und beim Menschen statt. Die Vorzüge, welche dem begünstigten Mitbewerber den

Sieg verleihen, sind hier nicht, wie beim unmittelbaren Vernichtungskampfe, körperliche Stärke und besondere Waffen, sondern vielmehr andere individuelle Eigenschaften, welche die Neigung des anderen Geschlechts erwecken. Besonders kommen hier die Vorzüge körperlicher Schönheit und der Stimme (des Gesangs) und beim Menschen die feineren psychischen Vorzüge in Betracht. Die körperliche Schönheit ist insbesondere bei den Vögeln und Schmetterlingen sehr wirksam, und zwar meistens als weibliche Zuchtwahl, indem gewöhnlich das männliche Geschlecht es ist, welches durch Ausbildung besonderer Zierden, z. B. Federbüsche, Hautlappen, bunte Flecken etc. die besondere Aufmerksamkeit und Neigung der auswählenden Weibchen zu erregen sucht. Auf diese Weise ist wohl grösstentheils die ausgezeichnet schöne und mannichfaltige Färbung vieler männlichen Vögel und Schmetterlinge entstanden, deren Weibchen einfarbig oder unansehnlich sind. Ebenso sind zweifelsohne die mannichfaltigen Hautauswüchse und Körperanhänge entstanden, die besonders bei den Hühnervögeln so entwickelt vorkommen, der radbildende Schweif des Pfauen, des Truthahns, der Pfauentaube, die Fleischkämme und bunten Hautlappen oder Federbüsche und Haarbüsche auf dem Kopfe und an der Brust des Haushahns, des Truthahns und vieler anderer Hühnervögel. Beim Menschen kann der männliche Bart als eine auf diesem Wege erworbene Zierde gelten. Gewöhnlich ist es aber beim Menschen nicht die weibliche, sondern die männliche (active) Zuchtwahl, welche durch die Entwickelung körperlicher Schönheit geleitet wird, indem hier vorzugsweise das weibliche Geschlecht die körperlichen Zierden entwickelt, durch welche es die Bewerber des andern Geschlechts anzulocken sucht. Es ist bekannt, welcher Aufwand in unseren „hoch civilisirten" Gesellschaften von den Weibern entwickelt wird, um durch künstliche Zierrathe (Geschmeide, bunte Kleider, Kopfputz u. s. w.) die vorhandenen körperlichen Vorzüge zu erhöhen oder die mangelnden zu ersetzen, und so durch möglichst starke Anziehung der wählenden Männer die übrigen Weiber in der Mitbewerbung zu überwinden.

Ausser der durch anziehende Formen und reizende Farben wirkenden körperlichen Schönheit ist es insbesondere die Entwickelung der modulirten Stimme zum Gesange, welche von einem der beiden Geschlechter benutzt wird, um das andere anzulocken, und die vollkommneren Sänger sind es, welche in diesem Falle den Sieg über ihre Mitbewerber gewinnen und vor ihnen zur Fortpflanzung gelangen. Am stärksten ist diese Art der sexuellen Auslese bei den Singvögeln und beim Menschen entwickelt, vielleicht auch bei manchen Insecten, z. B. den Heuschrecken und Cicaden. Bei den Singvögeln ist es bekanntlich gewöhnlich das Männchen, welches durch eine ausserordentliche und höchst bewunderungswürdige Modulation der Stimme sich liebenswürdig zu machen

und vor seinen Nebenbuhlern bei der Bewerbung um die Weibchen sich auszuzeichnen sucht. In dieser Beziehung kommen manche Singvögel nicht allein den besten menschlichen Sängern gleich, sondern sie übertreffen sie noch bedeutend, an Wohlklang, Umfang, Zartheit, Modulationsfähigkeit der Stimme und an Mannichfaltigkeit der Singweisen. Offenbar ist die hohe Differenzirung des Kehlkopfs, welche dieser herrlichen Function zu Grunde liegt, erst durch den musikalischen Wettkampf der Männchen um die Weibchen entstanden, ebenso bei den Singvögeln, wie beim Menschen. Doch ist es gewöhnlich beim Menschen umgekehrt das weibliche Geschlecht, welches sich durch die vielseitigere und feinere Ausbildung des Stimmorgans auszeichnet, und durch einen schön modulirten Gesang die auswählenden Männer anzuziehen sucht. Diesem Umstande ist gewiss vorzugsweise die allgemeine Uebung und hohe Ausbildung des weiblichen Gesangs in unseren hochcivilisirten Gesellschaften zu verdanken.

Die starke und vielseitige Differenzirung der beiden menschlichen Geschlechter, die sich auf fast alle Theile des Körpers und seiner Functionen erstreckt, und welche gewiss eine Hauptbedingung für die fortschreitende Entwickelung der menschlichen Cultur ist, beruht also sicher zum grössten Theile auf sexueller Zuchtwahl, welche von beiden Geschlechtern gegenseitig ausgeübt wird. Wie nun aber der veredelte Mensch sich durch Nichts so sehr vor den übrigen Thieren auszeichnet, als durch die ausserordentlich weit gehende Differenzirung des Gehirns und der von diesem ausgehenden psychischen Functionen, so wird auch die sexuelle Zuchtwahl bei den höher stehenden, veredelten Menschenrassen vorzugsweise durch psychische Functionen vermittelt, und es ist dies um so mehr zu berücksichtigen, als sie offenbar in hohem Grade veredelnd auf das Gehirn selbst zurückwirkt. Dadurch kommt es, dass bei den höchst entwickelten Menschen vorzugsweise die psychischen Vorzüge (und zwar die Vorzüge der höchsten psychischen Functionen, der Gedanken) des einen Geschlechts bestimmend auf die sexuelle Wahl des anderen einwirken, und indem so bestimmte psychische Vorzüge gleich den somatischen vererbt, durch Generationen hindurch befestigt werden, erlangen die beiderseitigen Vorzüge der beiden sich ergänzenden Geschlechter jenen hohen Grad der Veredelung, welcher in der harmonischen Wechselwirkung der beiden veredelten Geschlechter in der Ehe das höchste Glück des menschlichen Lebens bedingt.

Gleich der sexuellen Zuchtwahl wirken auch die verschiedenen anderen Formen der natürlichen Auslese eben so auf den Menschen, wie auf alle übrigen Organismen, umbildend, vervollkommnend, veredelnd ein, und bringen als unscheinbare Ursachen die grössten Wirkungen hervor.

VII, C. Vergleichung der natürlichen und der künstlichen Züchtung.

Dass die künstliche und natürliche Züchtung durchaus ähnliche physiologische Vorgänge sind, und dass beide Selectionen lediglich auf der Wechselwirkung zweier allgemeiner physiologischer Functionen, Vererbung und Anpassung, beruhen, haben wir oben bereits gezeigt. Auch die wesentlichen Unterschiede, welche beide Formen der Auslese von einander trennen, sind dort bereits berührt. Doch scheint es nicht überflüssig, die wichtigsten übereinstimmenden und trennenden Momente beider Auslese-Formen nochmals vergleichend hervorzuheben, da die unmittelbar daraus folgende Selectionstheorie die causale Grundlage der ganzen Descendenztheorie bildet, und da die meisten Naturforscher, wie aus ihren unverständigen Einwürfen hervorgeht, Darwin entweder gar nicht verstanden oder doch grossentheils missverstanden haben.

I. Natürliche und künstliche Züchtung sind gleichartige physiologische Umbildungs-Vorgänge der Organismen, welche auf causal-mechanischem Wege, durch die Wechselwirkung der Vererbungs- und der Anpassungs-Gesetze, neue Formen und Functionen der Organismen hervorrufen.

II. Die Regulirung und Modification der Wechselwirkung zwischen den beiden wirkenden Grundursachen, der Vererbung und der Anpassung, wird bei der natürlichen Züchtung durch den planlos wirkenden „Kampf ums Dasein“, bei der künstlichen Züchtung durch den planmässig wirkenden „Willen des Menschen“ ausgeübt.

III. Die Umbildungen der Formen und Functionen der Organismen, welche die Züchtung hervorruft, fallen bei der natürlichen Züchtung zum Nutzen des gezüchteten Organismus, bei der künstlichen Züchtung zum Nutzen des züchtenden Menschen aus.

IV. Die natürliche Züchtung wirkt sehr langsam und unmerklich umbildend, da das auslesende Princip, der Kampf ums Dasein, sich nur sehr langsam und unmerklich ändert, und selten plötzlich ganz neue Existenzbedingungen einwirken lässt. Die künstliche Züchtung dagegen wirkt verhältnissmässig sehr rasch und auffallend umbildend, da das auslesende Princip, der Wille des Menschen, sich oft sehr rasch und auffallend ändert, und oft plötzlich ganz neue Existenzbedingungen einwirken lässt.

V. Die Veränderungen der Organismen, welche die natürliche Züchtung hervorbringt, wachsen sehr langsam, weil die abgeänderten Individuen sich leicht mit nicht abgeänderten kreuzen können und daher leicht wieder in die Form der letzteren zurückschlagen. Dagegen wachsen die Veränderungen, welche die künstliche Züchtung hervorbringt, sehr rasch, weil die Kreuzung der abgeänderten und der nicht ab[illegible]n Individuen, und dadurch der Rückschlag der ersteren in [illegible]er letzteren sorgfältig vermieden wird.

VI. Die durch die natürliche Züchtung bewirkten Veränderungen der Organismen gehen meist sehr tief und bleiben dauernd, weil sie durch sehr langsame Häufung der Anpassungen allmählich entstehen; die durch die künstliche Züchtung bewirkten Veränderungen dagegen sind meist nur oberflächlich und verschwinden leicht wieder, weil sie durch sehr rasche Häufung der Anpassungen in kurzer Zeit entstehen.

VIII. Die Selections-Theorie und das Divergenz-Gesetz.

Die Differenzirung *(Divergentia)* oder Arbeitstheilung *(Polymorphismus)* als nothwendige Wirkung der Selection.

Die Welt steht niemals still, sondern sie ist fortwährend in Bewegung. Dieses grosse Gesetz der rastlosen Bewegung, welches in letzter Instanz auf den beständig wechselnden Anziehungs- und Abstossungs-Verhältnissen der materiellen Theilchen, auf der Wechselwirkung zwischen den anziehend wirkenden Masse-Atomen und den abstossend wirkenden Aether-Atomen beruht, ist überall und zu jeder Zeit wirksam, in der anorganischen, wie in der organischen Welt. In der letzteren finden wir die Atome, welche die Organismen zusammensetzen, beständig in Bewegung, indem sie die beiden grossen organischen Fundamental-Functionen der Ernährung und Fortpflanzung vermitteln. Mit der Ernährung finden wir die Anpassung, mit der Fortpflanzung die Vererbung verknüpft. Indem die conservative Vererbung und die progressive Anpassung einander entgegenwirken, entsteht jener merkwürdige Kampf zwischen Beharrung und Veränderung, zwischen Constanz und Variabilität, der in allen Organismen beständig waltet. Durch das Uebergewicht der Constanz, der Erblichkeit, entsteht die scheinbare Gleichförmigkeit der Organismen-„Arten", welche oft viele Jahrhunderte, ja oft Jahrtausende hindurch kaum oder nur wenig sich ändern; durch das Uebergewicht der Variabilität, der Anpassungsfähigkeit, entsteht die Umbildung, die Transformation der Organismen-„Arten", welche alle, auch die constantesten Arten nach längerer oder kürzerer Zeit in neue Species überführt. Die Wechselwirkung zwischen diesen beiden Functionen jedes Organismus führt dadurch zur Entstehung neuer bleibender Formen, dass sie sich zu gemeinsamer Thätigkeit mit der Wechselwirkung verbindet, welche wir zwischen allen um die Existenzbedingungen mit einander ringenden Organismen als „Kampf ums Dasein" kennen gelernt haben. Dadurch entsteht die natürliche Züchtung, welche zwar viel langsamer und allmählicher, als die künstliche Züchtung wirkt, aber um so tiefer eingreifende und fester bleibende Veränderungen in den Organismen hervorruft, und welche nach Verlauf von längeren Zeiträumen zu den grössten Umgestaltungen der Lebewelt führt.

Die ganze unendliche Mannichfaltigkeit der organischen Natur und das harmonische Ineinandergreifen ihres höchst complicirten Räderwerks, welches uns so leicht zu der falschen teleologischen Vorstellung eines „zweckmässig wirkenden Schöpfungsplanes" verführt, ist lediglich das nothwendige Resultat jener unaufhörlichen, mechanischen Thätigkeit des „Kampfes ums Dasein", welcher durch natürliche Züchtung umbildend wirkt. Um die ganze, ungeheuere Wichtigkeit dieses interessantesten Vorgangs richtig zu würdigen, müssen wir nun noch einige unmittelbare Consequenzen desselben besonders hervorheben, deren richtiges Verständniss für die mechanische Auffassung der organischen Natur von der grössten Bedeutung ist. Zu diesen unmittelbaren und nothwendigen Wirkungen rechnen wir in erster Linie die bekannten Erscheinungen der organischen Differenzirung und sodann diejenigen der organischen Vervollkommnung.

Die organische Differenzirung *(Divergentia)* oder Arbeitstheilung *(Polymorphismus)* haben wir oben (S. 74) als eine der vier fundamentalen physiologischen Entwickelungs-Functionen aufgefasst, auf denen die gesammte Morphogenie beruht; und wir haben im achtzehnten Capitel gezeigt, dass der Differenzirungs-Process bei der Ontogenese aller morphologischen Individuen die hervorragendste Rolle spielt [1]). Die drei anderen Entwickelungs-Functionen, die Zeugung, das Wachsthum und die Degeneration konnten wir unmittelbar auf die rein physiologischen (physikalisch-chemischen) Processe der Ernährung, als auf ihre mechanische Ursache zurückführen. Dasselbe gilt auch von dem Vorgange der Verwachsung oder Concrescenz, falls wir diesen als eine besondere fünfte Entwickelungsfunction auffassen wollten (S. 147 Anm.). Dagegen konnten wir die Entwickelungs-Function der Differenzirung oder Divergenz nicht unmittelbar als eine

[1]) Das überaus wichtige und grossartige Gesetz der Arbeitstheilung oder des Polymorphismus ist als allgemeines organisches Gesetz zuerst am deutlichsten von Goethe (1807, vergl. Bd. I, S. 240) ausgesprochen und später besonders von Bronn und von Milne-Edwards ausgeführt und auf die gesammte Entwickelung der Organisations-Verhältnisse angewendet worden. Neuerdings ist dasselbe von allen denkenden Zoologen und Botanikern so allgemein und widerspruchslos als das wichtigste Organisations-Gesetz anerkannt und auf allen einzelnen Gebieten der Biologie mit so glücklichem Erfolge durchgeführt worden, dass wir hier von einer weiteren Erörterung seiner einzelnen Thatsachen absehen und auf die besonderen Schriften verweisen können, welche dasselbe am ausführlichsten begründen. Die eingehendste Darstellung findet sich bei Milne-Edwards (in seiner „Introduction à la Zoologie générale", Paris 1851) und bei Bronn (in seinen vorzüglichen „Morphologischen Studien über die Gestaltungsgesetze der Naturkörper", 1858). Bronns Erörterungen sind sowohl intensiv als extensiv bedeutender. In seinen „Gesetze progressiver Entwickelung" ist die „Differenzirung der Functionen und Organe" als das wichtigste aller morphologischen Grundgesetze sehr ausführlich und gründlich sowohl bei den Pflanzen, als insbesondere bei den Thieren, und bei letzteren an allen einzelnen Organen in allen Classen nachgewiesen worden (Morpholog. Stud. p. 161—409).

einfache Theilerscheinung der Ernährung und des Wachsthums auffassen. Die mechanische Erklärung dieser Function ist vielmehr nur möglich durch die Descendenz-Theorie, welche es klar zeigt, dass die Divergenz des Charakters keine besondere räthselhafte organische Erscheinung, sondern vielmehr eine nothwendige Folge der natürlichen Züchtung ist.

Die Divergenz des Charakters oder die Differenzirung der Individuen folgt nothwendig unmittelbar aus der Wechselwirkung zwischen der Vererbung und der Anpassung, und zwar speciell aus dem vorher erörterten Umstande, dass der Kampf ums Dasein zwischen Organismen, die an einem und demselben Orte mit einander um die Lebensbedürfnisse ringen, um so heftiger ist, je gleichartiger sie selbst, je gleichartiger also auch ihre Bedürfnisse sind. Umgekehrt können an einer und derselben Stelle des Naturhaushalts um so mehr Individuen neben einander existiren, je mehr ihr Charakter und ihre Bedürfnisse verschieden sind, je mehr sie „divergiren“. So können z. B. auf einem Baume viel zahlreichere Käfer neben einander existiren, wenn die einen bloss von den Früchten, die anderen von den Blüthen, noch andere bloss von den Blättern leben, als wenn sie alle bloss von den Blättern leben können, und noch viel grösser wird jene Zahl, wenn daneben auch noch andere Käfer vom Holze oder von der Rinde oder von der Wurzel leben können. So können in einer und derselben kleinen Stadt sehr gut funfzig Handwerker neben einander existiren, die zehn oder zwanzig verschiedene Professionen treiben, während sie unmöglich neben einander existiren könnten, wenn sie alle auf ein und dasselbe Handwerk angewiesen wären. Ferner können alle Concurrenten, die eine und dieselbe Profession treiben, um so besser neben einander bestehen, je mehr sich dieselben auf einzelne verschiedene Zweige ihres gemeinsamen Handwerks beschränken, und je mehr jeder ein einzelnes Specialfach nach einer bestimmten Richtung hin ausbildet. Mit einem Worte, die Concurrenz zwischen allen Organismen, welche an einem und demselben Orte neben einander sich die unentbehrlichen Lebensbedürfnisse zu erringen suchen, wird um so weniger heftig, um so weniger für jeden Einzelnen gefahrdrohend sein, je verschiedenartiger ihre Bedürfnisse und demgemäss ihre Eigenschaften, ihre Thätigkeiten und ihre Charaktere sind. Es wird also durch die natürlichen Verhältnisse des Kampfes um das Dasein überall die Ungleichartigkeit, die Divergenz der Charaktere der verschiedenen Individuen begünstigt, weil sie ihnen selbst vortheilhaft ist, und weil eine Anzahl von Individuen an einer und derselben beschränkten Stelle im Naturhaushalte um so leichter und besser neben einander existiren können, je stärker sie divergiren.

Hieraus folgt dann unmittelbar weiter die höchst wichtige Thatsache, dass der Kampf um das Dasein das Erlöschen der Mittelformen, den Untergang der verbindenden Zwischenglieder zwischen den Extremen, mit Nothwendigkeit zur Folge hat. Denn diese sind immer die am meisten gefährdeten, und wenn eine Art in zahlreiche Varietäten aus einander geht, so werden die am stärksten divergirenden die vortheilhafteste, die verbindenden Zwischenformen dagegen die gefährlichste Position im Kampfe um das Dasein einnehmen.

Jede unbefangene und tiefere Betrachtung der Selections-Theorie zeigt uns, wie der Divergenz-Process der organischen Formen, das fortschreitende Auseinandergehen der divergirenden Extreme und das Erlöschen der verbindenden Mittelglieder und namentlich der gemeinsamen Stammformen der ersteren, unmittelbar und mit causaler Nothwendigkeit aus dem Kampfe um das Dasein und aus der Wechselwirkung zwischen Vererbung und Anpassung folgt. Wenn es wahr ist, dass alle Organismen den Gesetzen der Erblichkeit und Veränderlichkeit unterworfen sind — was Niemand leugnen kann — wenn es ferner wahr ist, dass alle Organismen sich überall und beständig im Kampfe um das Dasein befinden, — was eben so wenig geleugnet werden kann — so folgt hieraus von selbst und mit absoluter Nothwendigkeit die natürliche Selection, die Divergenz des Charakters und das Erlöschen der vermittelnden Zwischenformen. Darwin hat diese nothwendigen Folgerungen in dem vierten Capitel seines Werkes so meisterhaft und so ausführlich begründet, dass wir hier bloss darauf zu verweisen brauchen. Wir können aber die bindende Nothwendigkeit dieses Causalnexus zwischen Divergenz und Selection nicht genug hervorheben, weil sie uns die sicherste Gegenprobe für die Wahrheit der Selections-Theorie liefert. Die unendlich mannichfaltigen Erscheinungen der Divergenz sind allbekannte Thatsachen und werden von Niemand geleugnet. Sie erklären sich vollständig aus der Selectionstheorie, und nur allein aus dieser. Ohne letztere sind sie vollkommen unverständlich. Wir können daher mit der vollsten Sicherheit aus den Thatsachen der Differenzirung auf die Richtigkeit der Zuchtwahllehre zurückschliessen. Wenn wir Nichts von Palaeontologie und Geologie, Nichts von Embryologie und Dysteleologie wüssten, so würden wir die Abstammungslehre schon allein desshalb für wahr erkennen müssen, weil sie allein uns die mechanisch-causale Erklärung der grossen Thatsache der Divergenz zu liefern vermag.

Das Divergenz-Gesetz oder Differenzirungs-Princip, in dem Sinne wie Darwin dasselbe als die nothwendige Folge der natürlichen Züchtung entwickelt, umfasst nur diejenigen Differenzirungs-Phänomene, welche zwischen physiologischen Individuen einer und derselben Art stattfinden, und zunächst zur Bildung neuer Varietäten, späterhin zur

Bildung neuer Arten, Gattungen u. s. w. führen. Darwin begreift also unter seiner „Divergenz des Charakters" eigentlich nur die physiologische Differenzirung der Bionten, oder der physiologischen Individuen, welche die Zeugungskreise und dadurch die „Arten" zusammensetzen. Nach unserer Ansicht ist jedoch diese Divergenz der Species nicht verschieden von der sogenannten „Differenzirung der Organe", d. h. von der Arbeitstheilung der untergeordneten Form-Individuen verschiedener Ordnung, welche die Bionten constituiren. Vielmehr glauben wir, in allen Differenzirungs-Erscheinungen ein und dasselbe Grundphänomen, die durch natürliche Züchtung bedingte physiologische Arbeitstheilung erblicken zu müssen, gleichviel ob dieselbe selbstständige physiologische Individuen betrifft, welche an einem und demselben Orte mit einander um das Dasein kämpfen, oder untergeordnete morphologische Individuen verschiedener Ordnungen, welche jene als constituirende Theile zusammensetzen. Die wesentliche Thatsache des Processes ist in allen Fällen eine Hervorbildung ungleichartiger Formen aus gleichartiger Grundlage, und die mechanische Ursache derselben ist die natürliche Zuchtwahl im Kampf um das Dasein.

Da die verschiedenen Organismen-Species, welche nicht durch Archigonie, sondern durch Differenzirung aus bestehenden Species entstanden sind, als Bionten durch morphologische Individuen aller sechs Ordnungen repräsentirt werden können, so folgt hieraus von selbst schon, dass alle sechs Individualitäts-Ordnungen, von der Plastide bis zum Cormus, dem Differenzirungs-Gesetze unterliegen. Dies gilt aber von allen diesen Ordnungen nicht allein dann, wenn sie als Bionten selbstständig leben, sondern ebenso auch, wenn sie als morphologische Individuen untergeordnete Bestandtheile eines Bion bilden. Wir haben bereits im achtzehnten Capitel hervorgehoben, dass die Differenzirungs-Processe in der individuellen Entwickelungs-Geschichte der morphologischen Individuen aller sechs Ordnungen die bedeutendste Rolle spielen, bei den Plastiden (S. 120), den Organen (S. 128), den Antimeren (S. 134), den Metameren (S. 138), den Personen (S. 142) und den Stöcken (S. 146). Alle Vorgänge der Arbeitstheilung, welche diese verschiedenen Individuen betreffen, gleichviel ob sie bloss morphologische oder zugeich physiologische Individuen sind, müssen wir als die mechanische Wirkung der natürlichen Züchtung im Kampfe um das Dasein betrachten. Diese bewirkte sehr langsam und allmählich, im Verlaufe sehr langer Zeiträume, die paläontologische Differenzirung der Individuen, von der die individuelle nur eine kurze und schnelle Recapitulation ist.

Den letztgenannten Unterschied zwischen der paläontologischen und der individuellen Divergenz des Charakters

müssen wir hier noch besonders betonen, da es von der grössten Wichtigkeit ist, sich dessen stets bewusst zu bleiben. Wie aber in der gesammten Entwicklungsgeschichte fast immer bloss die an sich unverständlichen individuellen, und nur selten die erklärenden paläontologischen Entwickelungs-Processe berücksichtigt worden sind, so gilt dies auch von der Entwickelungs-Function der Differenzirung oder Arbeitstheilung. Die Thatsachen der individuellen oder ontogenetischen Differenzirung, wie wir sie während des raschen Laufs der individuellen Entwickelung des Organismus Schritt für Schritt unmittelbar verfolgen und direct beobachten können, sind zunächst nur durch die Gesetze der Vererbung (und vorzüglich durch die Gesetze der abgekürzten, der gleichzeitlichen und gleichörtlichen Vererbung) bedingt; und nichts weiter als zusammengedrängte Wiederholungen der paläontologischen oder phylogenetischen Differenzirung, welche im langsamen Verlaufe der paläontologischen Entwickelung der Vorfahren des betreffenden Organismus allmählich stattgefunden hat, und welche das unmittelbare Product der Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung, der natürlichen Zuchtwahl im Kampfe um das Dasein ist. Als unmittelbare Resultate der Arbeitstheilung im Laufe der individuellen Entwickelung können nur diejenigen Divergenz-Erscheinungen angesehen werden, welche an dem betreffenden Individuum zum ersten Male, durch Anpassung an eine neue Existenz-Bedingung veranlasst, auftreten, und welche also, wenn sie durch angepasste Vererbung auf die Nachkommen dieses Individuums übertragen werden, der individuellen Entwickelungskette ein neues Glied einfügen.

Ausser der primären paläontologischen (phylogenetischen) und der secundären individuellen (ontogenetischen) können wir übrigens noch eine dritte Art der Differenzirung unterscheiden, welche wir kurz mit dem Namen der systematischen oder specifischen Differenzirung bezeichnen wollen. Man pflegt nämlich auch die factisch bestehenden Unterschiede zwischen coexistenten verwandten Organismen als Differenzirungen zu unterscheiden. So sagt man z. B. in der zoologischen und botanischen Systematik sehr häufig bei Vergleichung verwandter Organismen-Gruppen, dass die eine mehr differenzirt oder polymorpher sei, als die andere, z. B. die Säugethiere mehr als die Vögel, die Crustaceen mehr als die Insecten, die Dicotyledonen mehr als die Monocotyledonen. Ebenso sagt man bei Vergleichung verwandter Zustände z. B. in der menschlichen Gesellschaft, dass der eine eine stärkere Differenzirung, einen höhern Grad der Arbeitstheilung zeige, als der andere, so z. B. die verschiedenen Culturzustände, Staatsformen, Lehranstalten der verschiedenen Völker u. s. w. Vorzüglich aber verfolgt die vergleichende Anatomie als ihre Hauptaufgabe die „Differenzirung der Organe", indem sie nachweist, wie ein

und dasselbe Organ bei den verschiedenen Thieren ganz verschiedene Grade der Ausbildung, ganz verschiedene Stufen der „Differenzirung" darbietet. Hierauf vorzüglich beruht die Unterscheidung der höheren und niederen, vollkommeneren und unvollkommeneren Organe. Der Begriff der Differenzirung wird in diesen Fällen meistens ziemlich unklar, und oft in sehr verschiedener Bedeutung angewendet. Sehr häufig gebraucht man denselben als gleichbedeutend mit Vollkommenheit oder Fortschritt. Doch ist dies, wie wir im folgenden Abschnitt zeigen werden, nicht richtig. Denn obwohl in sehr zahlreichen Fällen die Erscheinungen der Divergenz und des Fortschritts zusammenfallen, so ist dennoch nicht jede Differenzirung ein Fortschritt, und nicht jeder Fortschritt ist eine Differenzirung. Andere denken dagegen, wenn sie von der Differenzirung coexistenter Formen im obigen „systematischen" Sinne sprechen, weniger an die Vollkommenheit, als an die Mannichfaltigkeit der verglichenen Formen. Doch zeigt sich bei genauerer Betrachtung, dass der Begriff der Mannichfaltigkeit ebenso wie der der Vollkommenheit, den Begriff der Differenzirung zwar in vielen, aber keineswegs in allen Fällen deckt. Denn die Insectenclasse z. B. ist weit mannichfaltiger und artenreicher als die Crustaceen-Classe, und dennoch ist die letztere weit stärker differenzirt, als die erstere.

Versuchen wir, den Begriff der systematischen oder specifischen Differenzirung, wie er bei Vergleichung verwandter und coexistenter (nicht successiver!) Formen so oft gebraucht wird, tiefer zu ergründen, so finden wir, dass derselbe eigentlich in den meisten Fällen wesentlich mit dem Begriff der phylogenetischen Differenzirung zusammenfällt, und dass er ebenso wie der letztere, auf der Vorstellung einer Hervorbildung ungleichartiger Formen aus gleichartiger Grundlage beruht. Während aber die Betrachtung der phylogenetischen Differenzirung den gesammten Entwickelungs-Process als solchen zu erfassen und alle einzelnen Zweige und Aeste der verzweigten Divergenz-Bewegung von der Wurzel an bis zu ihren letzten Ausläufern zu verfolgen hat, so begnügt sich die Betrachtung der systematischen Differenzirung mit der Vergleichung der verschiedenen Ausläufer oder einzelnen Aeste und Zweige; d. h. sie sucht nicht den ganzen paläontologischen Differenzirungs-Process, sondern nur die fertigen Resultate desselben, wie sie in der gleichzeitigen Coexistenz verschiedener „Arten" neben einander sich zeigen, zu erforschen, und vorzüglich den Divergenz-Grad, welcher dieselben trennte, zu messen.

Der gewöhnlichste Fehler, den man bei Untersuchung dieser systematischen Differenzirung begeht, liegt darin, dass man die verschiedenen coexistenten Zweige des Stammbaums als subordinirte Glieder einer einzigen leiterförmigen Reihe betrachtet, während sie in der

That coordinirte Zweige eines ramificirten Baues sind. Hierauf beruht z. B. der Irrthum der älteren Systematiker, welche die sämmtlichen Thiere oder Pflanzen in eine einzige Differenzirungs-Reihe zu ordnen trachteten. Statt also den Divergenz-Grad der verschiedenen Formen von der gemeinsamen Stammform zu messen, beschränkt man sich auf Messung des Unterschiedes, den sie von einander haben.

Obgleich also die systematische oder specifische Differenzirung, welche die aus gemeinsamer Wurzel stammenden Arten als fertige Producte von einander scheidet, eigentlich nicht von der paläontologischen oder phylogenetischen Differenzirung verschieden ist, sondern nur das Resultat der letzteren darstellt, wollen wir sie dennoch als einen besonderen und dritten Divergenz-Modus hier hervorheben, dessen Beziehungen zu den beiden anderen und vorzüglich ihre dreifache Parallele im folgenden Buche noch näher erörtert werden sollen. Wie die paläontologische Differenzirung Object der Phylogenie, die embryologische Object der Ontogenie, so ist die systematische Differenzirung vorzugsweise Object der vergleichenden Anatomie. Der merkwürdige und höchst wichtige Parallelismus dieser drei Divergenz-Reihen erklärt sich vollkommen aus der Selections-Theorie.

Alle die unendlich mannichfaltigen und wichtigen Naturerscheinungen, welche wir vom **morphologischen** Standpunkte aus als Phänomene der **Differenzirung** oder Divergenz des Charakters, vom **physiologischen** Standpunkte aus als Phänomene des **Polymorphismus** oder der Arbeitstheilung ansehen, sind in letzter Instanz also weiter nichts, als die unmittelbaren und nothwendigen Folgen der Züchtung; entweder (bei den Organismen im Culturzustande) Folgen der künstlichen Züchtung durch den Willen des Menschen oder (bei den Organismen im Naturzustande) Folgen der natürlichen Züchtung durch den Kampf um das Dasein. Alle diese Divergenz-Erscheinungen sind durch die Gesetze der Anpassung (Ernährung) und Vererbung (Fortpflanzung) bedingt; und wenn uns die individuelle Entwickelungsgeschichte die ontogenetische Charakter-Divergenz der morphologischen Individuen in schneller Reihenfolge vor Augen führt, so haben wir darin lediglich die Vererbung der phylogenetischen Differenzirung zu erblicken, welche die Vorfahren des betreffenden Organismus während ihrer langsamen paläontologischen Entwickelung erlitten haben, und deren reife Früchte in der Gegenwart uns die vergleichende Anatomie als „systematische Differenzirung" nachweist. Die Entwickelungs-Function der Differenzirung oder des Polymorphismus wird also durch die Selections-Theorie auf die physiologischen Ursachen der Vererbung und Anpassung zurückgeführt, d. h. sie wird mechanisch erklärt. Ohne die Selections-Theorie dagegen bleibt sie uns in ihrem eigentlichen Wesen unverständlich.

IX. Die Selections-Theorie und das Fortschritts-Gesetz.

Der Fortschritt *(Progressus)* oder die Vervollkommnung *(Teleosis)* als nothwendige Wirkung der Selection.

Ebenso wie die Differenzirung oder Arbeitstheilung der Organismen, müssen wir auch die nicht minder wichtige und auffallende Vervollkommnung oder den Fortschritt der Organismen, wie er sich in der gesammten individuellen und palaeontologischen Entwickelungsgeschichte und in der vergleichenden Anatomie offenbart, als die unmittelbare und nothwendige Folge der natürlichen Züchtung im Kampfe um das Dasein betrachten. Ebenso wie die Erscheinung der Differenzirung wird auch die Erscheinung der Vervollkommnung unmittelbar durch die Selections-Theorie — und nur durch diese! — mechanisch erklärt, und da wir überall die Thatsachen der Progression ebenso wie diejenigen der Divergenz vor Augen sehen, so können wir aus den ersteren, ebenso wie aus den letzteren, wiederum auf die Wahrheit der Selections-Theorie zurückschliessen.

Die Thatsachen der fortschreitenden Entwickelung oder der allmählichen Vervollkommnung der Organismen sind so allbekannt, dass wir dieselben hier nicht mit Beispielen zu belegen brauchen. Die gesammte Palaeontologie, die gesammte Embryologie, die gesammte Systematik der Thiere, Protisten und Pflanzen liefert uns hierfür eine fortlaufende Beweiskette. Alle gedankenvollen Arbeiter auf diesen Wissenschafts-Gebieten haben jenes Gesetz der fortschreitenden Entwickelung (Progressus) oder der Vervollkommnung (Teleosis) als eines der obersten organischen Grundgesetze anerkannt. Am ausführlichsten hat dasselbe in neuerer Zeit der treffliche Bronn behandelt, welcher sowohl für die palaeontologische [1]) als für die systematische Entwickelung [2]) das „Gesetz der progressiven Entwickelung“ oder das Gesetz der Vervollkommnung durch eine sehr sorgfältige Zusammenstellung der beweiskräftigsten Thatsachen empirisch unumstösslich begründet hat.

Obwohl nun in den letzten Jahrzehnten die Geltung des Gesetzes der fortschreitenden Entwickelung als einer empirisch festgestellten Thatsache von den verschiedensten Seiten anerkannt worden ist, so blieb dieselbe doch für die Meisten ein räthselhaftes und unbegreifliches „organisches Naturgesetz“, dessen Erklärung nur durch die dualistische Annahme eines teleologischen Schöpfungs-Plans, den der

---

1) Bronn, Untersuchungen über die Entwickelungs-Gesetze der organischen Welt während der Bildungszeit unserer Erdoberfläche. (Von der Pariser Akademie 1857 gekrönte Preisschrift.) Stuttgart 1858.

2) Bronn, Morphologische Studien über die Gestaltungsgesetze der Naturkörper überhaupt und der organischen insbesondere. Leipzig 1858.

Schöpfer bei Fabrication der Organismen befolgte, möglich schien. Eine naturwissenschaftliche, d. h. eine monistische, mechanisch-causale Erklärung des empirischen Gesetzes wurde erst durch die Descendenz-Theorie, und in letzter Instanz erst durch ihre causale Grund-Idee, die Selections-Theorie, möglich. Diese aber erklärt uns die Thatsachen des Fortschritts, ebenso wie diejenigen der Differenzirung, in der einfachsten Weise, als die nothwendige Wirkung der natürlichen Züchtung im Kampfe um das Dasein.

Wir müssen hier zunächst bemerken, dass das Fortschritts-Gesetz keineswegs mit dem Divergenz-Gesetz identisch ist, wie es von vielen Autoren irrthümlich angenommen wird. Sehr häufig werden diese beiden verschiedenen Begriffe vermischt. Der Grund hiervon liegt darin, dass allerdings die allermeisten Differenzirungs-Prozesse progressive Entwickelungs-Vorgänge oder Vervollkommnungen sind. Daneben giebt es jedoch auch viele Divergenz-Vorgänge, welche weder als Fortschritt noch als Rückschritt, und andere, welche entschieden als Rückschritt angesehen werden müssen. Ebenso wenig ist auf der anderen Seite jeder Fortschritt eine Differenzirung; vielmehr giebt es andere progressive Entwickelungs-Vorgänge (namentlich Wachsthums-Processe), welche keineswegs eine Divergenz, aber dennoch einen Fortschritt bewirken. Bronn, welcher am genauesten diese verschiedenen Vorgänge untersucht hat, unterscheidet demgemäss sechs verschiedene Gesetze progressiver Entwickelung. Diese Gesetze sind[1]):

---

1) Die Differenzirung oder Arbeitstheilung der Organe und Functionen wird von Bronn mit Recht als das bei weitem wichtigste und oberste Gesetz der progressiven Entwickelung betrachtet. Doch irrt auch er darin, dass er alle Differenzirungs-Processe als Fortschritte ansieht, während dies, wie bemerkt, entschieden nicht der Fall ist.

2) Das wichtigste der von Bronn aufgestellten sechs Fortschritts-Gesetze ist zweifelsohne nächst dem der Differenzirung das von ihm ausschliesslich erkannte Gesetz der Reduction der Zahl gleichnamiger (homonymer) Organe. Da Bronn dasselbe in seinen morphologischen Studien (S. 409—459) sehr ausführlich begründet und durch das ganze Pflanzen- und Thier-Reich hindurchgeführt hat, so wollen wir uns hier dabei nicht weiter aufhalten, sondern nur bemerken, dass dasselbe einer sehr bedeutenden Modification bedürftig ist. Zunächst gilt dasselbe nicht für alle gleichartigen Theile, welche in Vielzahl zu einer höheren Individualität verbunden sind, und auch nicht für alle ungleichartigen Theile, welche sich aus gleichartiger Grundlage hervorgebildet haben. Für die Antimeren, Parameren, Metameren und Epimeren unterliegt es zwar in sehr vielen Fällen keinem Zweifel, dass im Grossen und Ganzen genommen die Zahlenreduction dieser Theile einen Fortschritt in der Organisation der aus ihnen zusammengesetzten höheren Individualität bekundet, in den meisten Fällen jedoch nur dann (wie Bronn selbst richtig bemerkt), wenn die Zahlenreduction der gleichartigen Theile zugleich mit einer Differenzirung der zu reducirenden Theile verbunden ist. Bei anderen Individualitäten gilt dasselbe gar nicht, und es würde sich sogar eher ein entgegengesetztes Gesetz nachweisen lassen (das Gesetz der Aggregation gleichartiger Theile). Es ist in der von Bronn gegebenen Erläuterung des Zahlen-Reductions-Gesetzes sehr viel Richtiges, aber auch viel Irrthümliches. Nach unserer Ansicht muss dasselbe in mehrere verschiedene Ge-

1) Differenzirung der Functionen und Organe; 2) Reduction der Zahlen gleichnamiger Organe; 3) Concentrirung der Functionen und ihrer Organe auf bestimmte Theile des Körpers; 4) Centralisirung eines jeden ganzen oder theilweisen Organ-Systems, so dass seine ganze Thätigkeit von einem Central-Organe abhängig wird; 5) Internirung insbesondere der edelsten Organe, so weit sie nicht eben nothwendig an der Oberfläche hervortreten müssen, um die Beziehungen des Organismus mit der Aussenwelt zu unterhalten; 6) grössere räumliche Ausdehnung im Einzelnen und Ganzen. Obwohl es gewiss ein grosses Verdienst Bronns ist, hierdurch gezeigt zu haben, dass nicht alle Progress-Phaenomene einfache Differenzirungen sind, so müssen wir doch gegen die allgemeine Gültigkeit der sechs von ihm unterschiedenen Fortschritts-Gesetze vielfache Bedenken erheben. Nicht bloss die vier letzten, welche nur sehr beschränkte und specielle Gültigkeit haben, sondern auch das zweite Gesetz (das Gesetz der Zahlenreduction gleichartiger Theile), welches nächst dem Differenzirungs-Gesetze offenbar das wichtigte ist, müssen noch sehr bedeutende Modificationen erleiden und in anderer Form präcisirt werden. Da jedoch dieser Gegenstand, wie überhaupt die ganze Frage von der fortschreitenden Vervollkommnung der Organismen und von den Kriterien der organischen Vollkommenheit äusserst schwierig und verwickelt ist,

---

setze gespalten werden. Wir wollen jedoch hier auf deren Unterscheidung und Motivirung nicht eingehen, da dieselbe ausserordentlich schwierig und verwickelt ist, und uns viel zu weit von unserem Gegenstande abführen würde. Wir beabsichtigen bei einer anderen Gelegenheit den Versuch zu machen, diese ebenso schwierige als interessante Aufgabe zu lösen.

3) **Das Gesetz der Concentrirung (Concentration) der Functionen und ihrer Organe** auf bestimmte Theile des Körpers, auf welches **Bronn** (l. c. p. 459—471) mit Recht viel weniger Werth als auf die vorhergehenden legt, ist von einer viel beschränkteren Gültigkeit. In den meisten Fällen ist diese Concentration entweder eine **Localisation** (und dann auf Differenzirung zurückzuführen) oder eine **Concrescenz**, und dann als ein physiologischer Process der Verwachsung anzusehen (vergl. oben p. 147, Anmerkung). Oft liegt auch eine einfache **Anpassung** zu Grunde. Jedenfalls hat dieses Gesetz, wie auch die drei folgenden, sehr zahlreiche Ausnahmen.

4) **Das Gesetz der Centralisirung (Centralisation) der Organ-Systeme** gilt vorzüglich für die Thiere, weniger für die Pflanzen, jedoch auch bei den ersteren nur in beschränktem Maasse (**Bronn**, l. c. p. 471—475). Die Centralisation der Organ-Systeme ist offenbar ein einfaches Product der natürlichen Züchtung, und die dadurch bedingte Vervollkommnung liegt in dem **Vortheil**, den die einheitliche Centralisation für die Regierung des ganzen Organismus liefert.

5) Das **Gesetz der Internirung der Organe** hat ebenfalls nur eine sehr beschränkte Gültigkeit und lässt sich einfach aus den Anpassungs-Gesetzen erklären, und aus dem Vortheil, den die Internirung besonders der edelsten Organe im Kampfe um das Dasein bietet.

6) **Das Gesetz der Grössen-Zunahme** gilt ebenfalls nur innerhalb eines sehr beschränkten Gebietes und lässt sich ebenso wie die vorhergehenden aus der Selections-Theorie erklären.

und da noch keine weiteren ernstlichen Versuche gemacht sind, [illegible] das Chaos des unendlichen Materials, welches für diese wichtige Frage vorliegt, klares Licht zu bringen, so können wir nicht näher darauf eingehen und müssen die Auseinandersetzung und Begründung unserer hierauf bezüglichen Ansichten einer anderen Gelegenheit vorbehalten (vergl. Bd. I, S. 371, Anmerkung). Nur darauf wollen wir hindeuten, dass die genaue Unterscheidung der idealen (vielseitigen oder polytropen) und der praktischen (einseitigen oder monotropen) Typen (S. 222) für diese Frage von sehr grosser Bedeutung werden wird. Dass die Frage die grösste Tragweite hat, geht schon daraus hervor, dass die Fortschrittsfrage in der ganzen Menschheits-Entwickelung nicht von derjenigen in der Entwicklung der übrigen Thiere, und speciell der Wirbelthiere zu trennen ist.

Wir selbst haben oben in unserer allgemeinen Anatomie den vorläufigen Versuch gemacht, wenigstens einige der wichtigsten Vollkommenheits-Gesetze zu formuliren. Vor Allem fanden wir es nöthig, zwischen tectologischer und promorphologischer Vervollkommnung (sowohl Differenzirung, als Centralisation) zu unterscheiden. Die tectologischen Thesen, welche sich auf die Vollkommenheits-Frage beziehen, sind im elften Capitel (S. 370—374), die promorphologischen Thesen im fünfzehnten Capitel (S. 550) nachzusehen.

Da die allermeisten Fortschritts-Erscheinungen unmittelbar mit Differenzirungs-Prozessen verknüpft, oder selbst mit diesen identisch sind, so bedarf es für diese, in Hinblick auf den vorhergehenden Abschnitt, keines Beweises, dass sie unmittelbare und nothwendige Wirkungen der natürlichen Züchtung im Kampfe um das Dasein sind. Aber auch für die anderen Erscheinungen der Vervollkommnung, welche wir vorher angeführt haben, und welche nicht unmittelbar als Divergenz-Phänomene angesehen werden können, unterliegt es keinem Zweifel, dass dieselben vollständig durch die Selections-Theorie erklärt werden. Die Centralisation der Organ-Systeme, die Concentration und Internirung der Organe, die Grössenzunahme und die Zahlenreduction der gleichartigen Theile sind immer, und ganz besonders in den Fällen, wo sie einen entschiedenen Organisations-Fortschritt bekunden, entweder unmittelbare Anpassungen, oder aber durch die Wechselwirkung von Anpassung und Vererbung bedingt. Da diese progressiven Entwicklungs-Processe in allen Fällen den betreffenden Organismen im Kampfe um das Dasein nützlich sind, und ihnen entschiedene Vortheile über die nächstverwandten, nicht progressiv abgeänderten Formen gewähren, so werden sie einfach durch die natürliche Züchtung erhalten und befestigt. Alle diese Erscheinungen des Progresses oder der Vervollkommnung lassen sich mithin als nothwendige Folgen der Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung nachweisen, und sind

keineswegs die Folgen eines unbekannten und unerklärten, auf räthselhaften Ursachen beruhenden „Gesetzes der fortschreitenden Entwickelung".

Einige Autoren haben das Fortschritts-Gesetz oder das Gesetz der fortschreitenden Entwickelung als ein absolutes, allgemein gültiges und ausnahmsloses betrachtet, und behauptet, dass dasselbe allerorten und allerzeit die gesammten Organisations-Verhältnisse vorwärts treibe und ohne Unterbrechung zur beständigen Vervollkommnung ansporne. So richtig diese Behauptung im Grossen und Ganzen ist, so muss sie dennoch durch zahlreiche Ausnahmen modificirt werden. Es ist natürlich und nothwendig, dass die immer zunehmende Differenzirung aller irdischen Verhältnisse und aller Existenz-Bedingungen für die Organismen auch eine entsprechende Differenzirung der Organismen selbst zur unmittelbaren Folge hat, und in den allermeisten Fällen ist diese Differenzirung selbst ein entschiedener Fortschritt, eine unzweifelhafte Vervollkommnung. Andrerseits ist aber nicht zu vergessen, dass jede Arbeits-Theilung neben den ganz überwiegenden Vortheilen und Fortschritten auch ihre grossen Nachtheile und Rückschritte nothwendig im unmittelbaren Gefolge hat. Wir sehen dies überall in dem Polymorphismus der menschlichen Gesellschaft, welche uns in ihrer staatlichen, und socialen, besonders aber in ihrer wissenschaftlichen Entwickelung die complicirtesten und am meisten zusammengesetzten von allen Differenzirungs-Phänomenen zeigt. Wir brauchen bloss auf die Morphologie der Organismen in ihrem gegenwärtigen traurigen Zustande einen Blick zu werfen, um diese erheblichen Schattenseiten der weit vorgeschrittenen Arbeitstheilung klar vor Augen zu sehen (Vergl. Bd. I, S. 236). Wäre dies nicht der Fall, so müsste die Selections-Theorie, der grösste Fortschritt der menschlichen Wissenschaft in unserem Jahrhundert, bereits die gesammte Biologie beherrschen. Die grössten Nachtheile für die Wissenschaft entstehen dadurch, dass sich die meisten Arbeiten ganz auf ein einzelnes kleines Arbeits-Feld beschränken und den engsten Special-Anschauungen anpassen, während sie sich um das grosse Ganze nicht mehr bekümmern. Dadurch verlieren sie aber nicht nur den freien Ueberblick für das umfassende Allgemeine, sondern auch die Fähigkeit, in dem auserwählten Special-Gebiete weiter greifende Fortschritte herbeizuführen. Dieser grosse Nachtheil der einseitigen Specialisirung wird von den Meisten übersehen, gegenüber den bedeutenden Vortheilen, welche jene einseitige, specielle „Fachbildung" dem Detail-Arbeiter gewährt; und gerade dieser praktische Nutzen ist es, welcher die rückschreitende allgemeine Bildung der Specialisten begünstigt.

Was uns so die menschlichen Verhältnisse, und besonders die wissenschaftlichen, in den verwickeltsten Differenzirungs-Processen zeigen,

das gilt ebenso für die gesammte organische Natur. Ueberall wird die Entwickelung der praktischen Typen auf Kosten der idealen durch die natürliche Züchtung begünstigt. Zugleich entstehen immer neben den höchsten Plätzen und den einseitig vervollkommneten Stellen im Naturhaushalte zahlreiche unvollkommene Plätze und sehr beschränkte Stellen; und die Organismen, die diesen sich anpassen, erleiden dadurch gewöhnlich eine sehr bedeutende Rückbildung. Rückschritt ist also hier neben und mit dem Fortschritt eine unmittelbare Folge der Differenzirung durch die Züchtung. Die schwächeren und unvollkommneren Individuen, welche im Wettkampfe mit den stärkeren und vollkommneren unterliegen, und nicht der von der letzteren eroberten besten Existenz-Bedingungungen theilhaftig werden, können sich nur dadurch erhalten, dass sie auf jenes höhere Ziel verzichten und sich mit einfacheren Verhältnissen begnügen. Indem sie sich diesen aber anpassen, erleiden sie nothwendig mehr oder minder bedeutende Rückbildungen, welche bei sehr einfachen Verhältnissen (z. B. Parasitismus) oft erstaunlich weit gehen. Schon aus dieser einfachen Erwägung folgt, dass die natürliche Züchtung keineswegs ausschliesslich fortbildend und vervollkommnend, sondern auch rückbildend und erniedrigend wirkt. Die Veränderungen der organischen Natur halten mit denen der anorganischen immer gleichen Schritt. Wir finden, dass in Beiden die fortschreitende Differenzirung im Ganzen zwar überwiegt, aber doch im Einzelnen zugleich nothwendig vielfache Rückschritte bedingt. Während die höheren und besseren Stellen im Naturhaushalte an Zahl und vollkommener Ausstattung beständig zunehmen, und von entsprechend verbesserten und vervollkommneten Organismen besetzt werden, benutzen die weniger begünstigten und von letzteren im Wettkampfe besiegten Organismen die gleichzeitig frei werdenden einfacheren und schlechteren Stellen des Naturhaushalts, um ihre Existenz zu retten. Während die ersteren fortschreiten, gehen die letzteren zurück. Keine Gruppe von organischen Erscheinungen zeigt uns die hohe Bedeutung dieser Thatsache so schlagend, als die mannichfaltigen Phänomene des Parasitismus, vorzüglich in den Abtheilungen der Crustaceen, Würmer und Orobancheen. Wie die Ontogenese dieser Organismen unwiderleglich zeigt, beruht ihre Phylogenese auf einer entschiedenen rückschreitenden Differenzirung, die durch die natürliche Züchtung veranlasst ist.

Wenn wir daher die gesammten Differenzirungs-Phänomene in der organischen Natur nach ihrem historischen Verlauf vergleichend überblicken, so gelangen wir zu demselben grossen und erfreulichen Gesammt-Resultat, welches uns auch die Geschichte der menschlichen Völker (oder die sogenannte Weltgeschichte) und namentlich die Culturgeschichte, allein schon deutlich zeigt: Im Grossen und Ganzen ist die Entwickelungs-Bewegung der gesammten orga-

nischen Welt eine stetig und überall fortschreitende, wenn gleich die überall wirkenden Differenzirungs-Processe nothwendig neben den überwiegenden Fortschritts-Vorgängen im Kleinen und Einzelnen auch zahlreiche, und oft bedeutende Rückschritte in der Organisation bedingen. Indessen treten diese Rückschritte, wie sie in der Völkergeschichte vorzüglich durch die Herrschaft der Priester und Despoten, in der übrigen organischen Natur vorzüglich durch Parasitismus bedingt werden, doch im Grossen und Ganzen vollständig zurück gegenüber der ganz vorherrschenden Vervollkommnung. Der Fortschritt zu höheren Stufen der Vollkommenheit ist in der gesammten organischen Natur ein genereller und universeller, der gleichzeitig stattfindende Rückschritt zu niederen Stufen ein specieller und localer Process. Sowohl der überwiegende Fortschritt in der Vervollkommnung des Ganzen als der hemmende Rückschritt in der Organisation des Einzelnen sind mechanische Naturprocesse, welche mit Nothwendigkeit durch die natürliche Züchtung im Kampfe um das Dasein bedingt sind, und durch die Selections-Theorie (und nur durch sie allein!) vollständig erklärt werden.

Dieser letztere Satz muss besonders betont werden, weil gerade an diesem Punkte die teleologische und dualistische Dogmatik besonders tiefe und feste Wurzeln geschlagen hat. Dies zeigt sich nicht allein in den kindlichen und keiner Widerlegung bedürftigen Behauptungen derjenigen Teleologen, welche in dem Gesetze der fortschreitenden Entwickelung einen besonderen Beweis für die Vortrefflichkeit des Schöpfungs-Plans und für die Weisheit des (natürlich ganz anthropomorph gedachten) Schöpfers erblicken wollten [1]. Auch monistische Naturforscher, welche im Ganzen unsere Ansichten theilen, haben sich der Annahme eines besonderen „Vervollkommnungs-Princips" nicht entziehen zu können geglaubt. So hat insbesondere Nägeli in einer trefflichen Abhandlung [2], welche werthvolle Beiträge zur Befestigung der

---

1) Der grobe Anthropomorphismus, welcher allen Vorstellungen eines persönlichen Schöpfers zu Grunde liegt, tritt kaum irgendwo so auffallend zu Tage, als bei seiner Wirksamkeit in dem „zweckmässigen Plane der fortschreitenden Vervollkommnung", und doch ist er merkwürdiger Weise grade hier von sehr bedeutenden Naturforschern mit grosser Zähigkeit festgehalten worden, so namentlich von Agassiz (im „Essay on Classification" und an anderen Orten). Offenbar muss sich der Schöpfer nach dieser Vorstellung, indem er zuerst nur ganz rohe Schöpfungs-Entwürfe zu Stande bringt, und sich nachher stufenweis zu immer höheren Plänen erhebt, selbst erst entwickeln und einen mechanischen Lehrcursus durchmachen. Seine Pläne wachsen mit seiner eigenen Vollkommenheit. „Es wächst der Mensch mit seinen höher'n Zwecken". Der Schöpfer ist auch in diesen absurden Vorstellungen ganz das „gasförmige Wirbelthier", welches schon der alte Reil in ihm erkannte (vergl. Bd. I, S. 172, 173 Anm.).

2) Carl Nägeli, Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art. München 1865.

Descendenz-Theorie liefert, neben der „Nützlichkeits-Theorie", wie er Darwins Selections-Theorie nennt[1]), noch eine besondere „Vervollkommnungs-Theorie" festhalten zu müssen geglaubt, welche die Annahme fordert, „dass die individuellen Abänderungen nicht unbestimmt, nicht nach allen Seiten gleichmässig, sondern vorzugsweise und mit bestimmter Orientirung nach Oben, nach einer zusammengesetzteren Organisation zielen". Nägeli glaubt zwar, für dieses Vervollkommnungs-Princip „keine übernatürliche Einwirkung nöthig zu haben". Indessen ist er den Beweis einer nothwendigen Existenz desselben und einer mechanischen Erklärung seiner Wirksamkeit schuldig geblieben, und wir glauben nicht, dass dieser wird geliefert werden können. Durch Nägeli's Annahme, „dass der Organismus in sich die Tendenz habe, in einen complicirter gebauten sich umzubilden," gerathen wir auf die schiefe Ebene der Teleologie, auf der wir rettungslos in den Abgrund dualistischer Widersprüche hinabrutschen und uns von der allein möglichen mechanischen Naturerklärung völlig entfernen. Wir können uns aber um so weniger zur Annahme eines solchen besonderen, bis jetzt ganz unerklärlichen Vervollkommnungs-Princips entschliessen, als uns die Selections-Theorie die vorwiegend fortschreitende Richtung der Differenzirung durch die natürliche Züchtung ganz wohl erklärt, und als daneben die überall vorkommenden Rückbildungen zeigen, dass der Fortschritt keineswegs ein ausschliesslicher und unbedingter ist.

Indem wir also den allgemeinen und überwiegenden, jedoch durch viele einzelne Rückschritte unterbrochenen Fortschritt als ein allgemeines mechanisches Naturgesetz festhalten, welches mit Nothwendigkeit aus der beständigen Wirksamkeit der natürlichen Züchtung folgt, haben wir schliesslich noch einen Blick auf die drei verschiedenen Erscheinungsreihen der fortschreitenden Entwickelung zu werfen, welche den drei Differenzirungsreihen entsprechen, und welche in ihrer auffallenden Parallele uns einen der wichtigsten Beweise für die Wahrheit der Descendenz-Theorie liefern. Es sind dies die drei parallelen Fortschrittsketten der paläontologischen, embryologischen und systematischen Vervollkommnung.

Die paläontologische Vervollkommnung oder der phylogenetische Fortschritt ist von diesen drei parallelen fortschreitenden Entwickelungs-Reihen (wie dies auch ebenso von den drei parallelen Differenzirungs-Reihen gilt) der ursprünglichste und daher wichtigste. Wenn wir vorher zeigten, dass der Fortschritt eine noth-

---

1) Die Bezeichnung „Nützlichkeits-Theorie" für Darwins Selections-Theorie ist aus mehreren Gründen nicht recht passend, einmal weil hiermit sehr leicht teleologische Vorstellungen verknüpft werden, und besonders weil dieselbe grade für gewisse teleologische Schöpfungs-Theorieen im Gegensatze zu den mechanischen Entwickelungs-Theorieen angewandt worden ist.

wendige Folge der Wechselwirkung von Anpassung und Vererbung sei, so galt dies zunächst nur von der phylogenetischen Vervollkommnung, welche sich in der allmählich fortschreitenden Entwickelung der Arten und Stämme zeigt, darin also, dass die Transmutation der Species nicht allein zur Erzeugung neuer, sondern im Ganzen auch vollkommnerer Arten führt, und dass mithin auch die Stämme im Ganzen sich beständig vervollkommnen. Die gesammte Paläontologie liefert hierfür eine fortlaufende Beweiskette.

Die embryologische Vervollkommnung oder der ontogenetische Fortschritt, welcher sich in der gesammten individuellen Entwickelungs-Geschichte der Organismen als die am meisten auffallende Erscheinung offenbart, ist die natürliche Folge des paläontologischen Fortschritts, und durch die Vererbungs-Gesetze (besonders durch die Gesetze der abgekürzten, der homochronen und homotopen Vererbung) mit Nothwendigkeit bedingt. Da die gesammte Ontogenie nichts weiter, als eine kurze und schnelle Recapitulation der Phylogenie des betreffenden Organismus ist, so muss natürlich auch die vorzugsweise fortschreitende Bewegung der letzteren in derselben Weise wieder in der ersteren zu Tage treten. Da wo der überwiegende paläontologische Fortschritt durch Anpassung der vollkommneren Organismen an einfachere Existenz-Bedingungen local modificirt und beschränkt worden ist, wie namentlich bei den Parasiten, da muss derselbe natürlich auch ebenso in der individuellen Entwickelung eine entsprechende „regressive Metamorphose" zur Folge haben (sehr ausgezeichnet bei den parasitischen Crustaceen).

Die systematische Vervollkommnung oder der specifische Fortschritt endlich, welcher vorzugsweise Object der vergleichenden Anatomie ist, folgt ebenso unmittelbar wie der ontogenetische, aus dem paläontologischen Fortschritt. Zunächst ist hier zu erwägen, dass die Vervollkommnung bei den verschiedenen Organismen einen äusserst ungleichen Verlauf hinsichtlich ihrer Ausdehnung und Schnelligkeit nimmt. Während einige Organismen in verhältnissmässig kurzer Zeit einen sehr hohen Grad der Differenzirung und der Vollkommenheit erreichen (z. B. die Säugethiere unter den Wirbelthieren, und besonders die Carnivoren und Primaten) verändern sich andere, verwandte Organismen auch in sehr langen Zeiträumen nur sehr wenig, und zeigen nur einen sehr geringen Grad der Vervollkommnung und Divergenz (z. B. die Fische unter den Wirbelthieren, und besonders die Ganoiden und Rochen). Noch andere, diesen verwandte Organismen verändern sich zwar bedeutend, aber nicht in fortschreitender, sondern in rückschreitender Richtung (z. B. die Parasiten). Daher finden wir, dass sehr viele gleichzeitig existirende Organismen, obgleich sie von einer und derselben gemeinsamen Stammform abstammen, dennoch

einen äusserst verschiedenen Grad der Vollkommenheit, ebenso wie der Differenzirung zeigen. Dieser systematische oder specifische Fortschritt, wie ihn die Anatomie (Systematik und vergleichende Anatomie) bei Vergleichung der verwandten und coexistenten Organismen in der Form des Systems so deutlich nachweist, erklärt sich eben so einfach, wie die beiden anderen Fortschrittsreihen, aus der Selections-Theorie (Vergl. das XXIV. Capitel). Er zeigt uns nur die reifen Früchte des fortschreitenden Vervollkommnungs-Processes, wie er sich in der Phylogenie divergirend gestaltet, und wie er sich in der Ontogenie kurz wiederholt. Die vollkommene Parallele dieser drei fortschreitenden Entwickelungsreihen, der paläontologischen, der embryologischen und der systematischen Vervollkommnung, ist einer der stärksten Beweise der Wahrheit für die Descendenztheorie.

X. Dysteleologie oder Unzweckmässigkeitslehre.

(Wissenschaft von den rudimentären, abortiven, verkümmerten, fehlgeschlagenen, atrophischen oder cataplastischen Individuen.)

X, A. Die Dysteleologie und die Selections-Theorie.

Von allen grossen und allgemeinen Erscheinungsreihen der organischen Morphologie, welche uns durch die Descendenz-Theorie vollkommen erklärt werden, während sie ohne dieselbe gänzlich unerklärt bleiben, ist nächst der dreifachen Parallele der paläontologischen, embryologischen und systematischen Entwickelung vielleicht keine einzige von so mächtiger und unmittelbar überzeugender Beweiskraft, als der ebenso interessante als wichtige Phänomenen-Complex der sogenannten „rudimentären Organe", welche man häufig auch als abortive, atrophische, verkümmerte oder fehlgeschlagene Organe bezeichnet. Wenn nicht die gesammte generelle Biologie, ebensowohl die Morphologie als die Physiologie, in allen einzelnen Abschnitten und Zweigen eine fortlaufende Kette von harmonischen Beweisen für die Wahrheit der Abstammungslehre wäre, so würde allein schon die Kenntniss jener „Organe ohne Function" uns von derselben auf das Bestimmteste überzeugen. In gleichem Maasse aber, als die Organe, welche man sowohl in der Zoologie, als in der Botanik mit jenen Namen bezeichnet, die höchste morphologische Bedeutung besitzen, in gleichem Maasse sind sie bisher fast allgemein vernachlässigt, oder doch bei weitem nicht in dem Grade, wie sie es verdienen, gewürdigt worden. Es war dies auch ganz natürlich, so lange man in Ermangelung der Descendenz-Theorie Nichts mit ihnen anfangen konnte, und auf eine allgemeine mechanisch-causale Erklärung der morphologischen, und namentlich der ontogenetischen Thatsachen überhaupt verzichten musste. Erst als Darwin die Abstammungslehre neu belebte und durch die Selec-

tions-Theorie fest begründete, kamen auch die rudimentären Organe wieder hoch zu Ehren. Sie werden von jetzt an als eines der schlagendsten und wichtigsten Argumente zu Gunsten derselben gelten müssen und als solche eine bisher nicht geahnte Bedeutung erlangen.

Wie wir schon in unserer methodologischen Einleitung hervorhoben, als wir den Gegensatz zwischen der Teleologie und Causalität besprachen, und die alleinige Anwendbarkeit der mechanisch-causalen Methode nachwiesen, giebt es nach unserer Ansicht keinen stärkeren Beweis für letztere, als die Erscheinungsreihe der rudimentären Organe, welche geradezu der unmittelbare Tod aller Teleologie ist. (Vergl. Bd. I, S. 99, 100.) Wenn die teleologische und dadurch dualistische Biologie noch heute allgemein behauptet und bis auf Darwin fast unangefochten behauptet hat, dass die morphologischen Erscheinungen im Thier- und Pflanzen-Reiche „zweckmässige Einrichtungen" seien, dass sie nach einem „zweckmässigen Plane" angelegt und ausgeführt, durch „zweckthätige Ursachen" (causae finales) bestimmt seien, so wird diese grundfalsche Ansicht, abgesehen von ihrer sonstigen Unhaltbarkeit, durch Nichts schlagender widerlegt, als durch die rudimentären Organe, welche entweder ganz gleichgültig und unnütz, oder sogar entschieden „unzweckmässig" sind. Die ausserordentliche theoretische Bedeutung, welche dieselben dadurch besitzen, die unerschütterliche Basis, welche sie der von uns vertretenen und allein wahren monistischen, d. h. mechanisch-causalen Erkenntniss der organischen Natur liefern, ermächtigt uns, die Wissenschaft von den rudimentären Organen zu einer besonderen Disciplin der organischen Morphologie zu erheben, welcher wir die bedeutendste Zukunft versprechen können. Wir glauben diese Lehre mit keiner passenderen, und ihre hohe philosophische Bedeutung richtiger andeutenden Bezeichnung belegen zu können, als mit derjenigen der „Unzweckmässigkeitslehre oder Dysteleologie".

Die Organe, oder allgemeiner gesagt, organischen Körpertheile, welche das Object der Dysteleologie bilden, sind in der Botanik und Zoologie mit mehreren verschiedenen Namen belegt worden: rudimentäre oder verkümmerte, atrophische oder unentwickelte, abortive oder fehlgeschlagene Theile, auch wohl Hemmungsbildungen. Am besten würde man sie wohl, mit Rücksicht auf ihre Entstehung durch regressive oder cataplastische Entwickelung, „cataplastische oder rückgebildete" Theile nennen, oder, mit Rücksicht auf den physiologischen Degenerations-Process, der diese bewirkt: „degenerirte oder entbildete Theile". Im Ganzen hat man denselben in der Botanik eine weit allgemeinere Aufmerksamkeit geschenkt, als in der Zoologie, ohne dass jedoch, dort wie hier, die eigentliche Bedeutung derselben gewöhnlich richtig erkannt worden wäre. Allerdings liegen bei den Pflan-

zen, deren Organ-Differenzirung durchschnittlich ja sehr viel einfacher als diejenige der Thiere ist, diese cataplastischen Organe viel offener und augenfälliger zu Tage, und es lässt sich hier auch oft durch vergleichend anatomische und morphogenetische Untersuchung viel leichter der Nachweis ihrer eigentlichen Entstehung und Bedeutung führen, als bei den Thieren, doch sind dieselben auch bei den letzteren so allgemein vorhanden, dass es bei jeder genaueren vergleichenden Betrachtung dieselben in Menge nachzuweisen gelingt. Wir können fast bei allen Organismen, Thieren, Protisten und Pflanzen, rudimentäre oder cataplastische Theile erkennen, sobald dieselben überhaupt einen gewissen Differenzirungs-Grad überschritten und eine gewisse Reihe von Entwickelungs-Stadien durchlaufen haben.

Die einzige Vorsicht, welche bei der Untersuchung der rudimentären oder abortiven Theile nöthig ist, besteht darin, dass man sich vor einer Verwechslung derselben mit werdenden oder neu entstehenden Theilen hütet. Auch diese, in Anaplase begriffenen Theile, können als „Rudimente", d. h. als unbedeutende und unscheinbare, physiologisch werthlose und morphologisch unentwickelte Theile erscheinen. Meistens wird aber entweder ein Blick auf den Gang der individuellen Entwickelung oder auf die Bildung desselben Organs bei verwandten Organismen, genügen, uns erkennen zu lassen, ob dasselbe in fortschreitender Anaplase oder in rückschreitender Cataplase begriffen ist. Nur im letzteren Falle verdient dasselbe den Namen des „abortiven oder atrophischen Organs".

Am leichtesten werden wir zur Erkenntniss der rudimentären Theile gewöhnlich auf physiologischem Wege geleitet, durch die Feststellung nämlich, dass der betreffende Körpertheil, obwohl morphologisch vorhanden, dennoch physiologisch nicht existirt, indem er keine entsprechenden Functionen ausführt. In dieser Beziehung kann also der betreffende Körpertheil entweder für den Organismus vollständig nutzlos, gleichgültig, ein „Organ ohne Function", ein „Werkzeug ausser Dienst" sein, oder aber ihm sogar positiv nachtheilig und schädlich. Sehr häufig bedarf es jedoch keiner physiologischen Reflexion, um die rudimentären oder cataplastischen Theile als solche zu erkennen. Ein Blick auf ihre empirisch leicht festzustellende individuelle Entwickelung, oft schon ein vergleichend anatomischer Blick auf ihre Bildung bei verwandten Organismen, genügt, um sie als wirklich rückgebildete, cataplastische Theile nachzuweisen. Sobald man hinreichenden Ueberblick über die Morphologie der Organismen besitzt, um die dreifache Parallele der paläontologischen, embryologischen und systematischen Entwickelungsreihe zu erkennen und richtig zu würdigen, so fällt es nicht mehr schwer, bei den allermeisten Organismen-Arten rudimentäre Theile mit Sicherheit nachzuweisen.

X, B. Entwickelungsgeschichte der rudimentären oder cataplastischen Individuen.

Wenn es wirklich solche „unzweckmässige, unnütze" oder sogar nachtheilige und positiv schädliche Theile (Form-Individuen) im Körper der meisten Organismen giebt, wie sie von der Dysteleologie in der ausgedehntesten Verbreitung nachgewiesen werden, so kann die Erklärung dieser höchst merkwürdigen Erscheinungen nur von der Entwickelungsgeschichte geliefert werden. Da die Existenz der rudimentären Theile vollkommen unvereinbar ist mit der herrschenden teleologischen Dogmatik, und speciell mit der dualistischen Annahme, dass der Organismus in allen seinen Theilen zweckmässig eingerichtet sei, dass alle Theile durch eine *Causa finalis* bestimmt werden, als zweckthätige Organe zum Besten des Ganzen zusammenzuwirken, so können nur blinde mechanische „*Causae efficientes*" als die Ursachen ihrer Entstehung gedacht werden. Die einzig mögliche Annahme, welche dieselben zu erklären vermag, welche sie aber auch vollständig und in der befriedigendsten Weise erklärt, ist aus der Descendenz-Theorie zu entnehmen; diese behauptet, dass die cataplastischen Theile die ausser Dienst getretenen, unbrauchbar gewordenen Reste von wohl entwickelten Theilen sind, welche in den Voreltern der betreffenden Organismen zu irgend einer Zeit vollständig entwickelt, functionsfähig, und thatsächlich wirksam waren; und diese Erklärung der Abstammungslehre wird durch die Thatsachen der phylogenetischen und ontogenetischen Entwickelungsgeschichte vollkommen bestätigt. Dass diese früher gut entwickelten und leistungsfähigen Theile später in der jüngeren Generation der Species leistungsunfähig wurden, und verkümmerten, liegt zunächst und unmittelbar an einer Ernährungs-Veränderung des betreffenden Theils, welche durch besondere Anpassungs-Bedingungen verursacht ist. Diese Adaptations-Verhältnisse können sehr verschiedener Natur sein. Die grösste Rolle spielt dabei gewöhnlich der Nichtgebrauch des Organs, die mangelhafte oder ganz ausfallende Function. Ebenso wie durch andauernden Gebrauch und Uebung eines bestimmten Körpertheils dessen Ernährung und damit auch das Wachsthum gefördert wird, wie Gebrauch und Uebung zur Vergrösserung und Verstärkung (Hypertrophie) eines Körpertheils führen, ebenso führt umgekehrt der mangelhafte oder unvollständige Gebrauch zur Schwächung und Abnahme desselben (Atrophie), indem zunächst das Wachsthum und die Ernährung herabgesetzt wird. Indem nun diese durch Anpassung an bestimmte Existenzbedingungen bewirkte Modification eines Körpertheils von dem betreffenden Organismus auf seine Nachkommen vererbt wird, indem durch fortdauernden Nichtgebrauch des abnehmenden Organs sich die Schwächung dessel-

ben häuft, führt dieser Generationen hindurch fortgesetzte Mangel an Uebung endlich zu einem vollständigen Ausfallen, einem gänzlichen Schwunde des Organs. Es werden also Körpertheile, welche Generationen hindurch gar nicht oder nur schwach gebraucht werden, nicht allein beständig schwächer, atrophischer, rudimentärer, sondern ihr Rückbildungs-Process, ihre Cataplase, führt schliesslich zum vollständigen Schwunde, zum vollendeten „Abortus".

Der Weg, auf dem die rudimentären Theile entstehen, ist also offenbar derselbe, wie derjenige, auf dem neue Theile entstehen. Nur die Richtung der Bildungsbewegung ist in beiden Fällen entgegengesetzt. Ebenso wie bei der Neubildung eines Organs eine Reihe von vielen Generationen hindurch zahlreiche kleine Zunahmen sich häufen, und so endlich zur Entstehung eines ganz neuen Theils führen, so häufen sich bei der Rückbildung eines Organs allmählich zahlreiche kleine Abnahmen, bis dasselbe nach Verlauf einer grösseren Generations-Reihe endlich ganz verschwindet. Hier wie dort ist es die Anpassung und die Vererbung, welche zusammen wirken und welche, im Kampfe ums Dasein wirksam, die natürliche Zuchtwahl als die bildende Ursache erkennen lassen.

Wir kommen hierbei zurück auf die schon vorher (S. 262) erläuterte wichtige Thatsache, dass die natürliche Züchtung keineswegs immer bloss fortbildend, anaplastisch, sondern auch rückbildend, cataplastisch, wirkt. Sobald die Existenz-Bedingungen (z. B. beim Parasitismus) so einfach werden, dass der Organismus, vorher an complicirtere Bedingungen angepasst, seine entsprechend complicirten Organe nicht mehr braucht, so werden diejenigen Individuen, welche sich am meisten und am schnellsten zurückbilden, diesen einfacheren Lebens-Bedingungen sich am besten und vollständigsten anpassen, und daher einen Vortheil im Kampf ums Dasein vor den vollkommneren Individuen der gleichen Art besitzen. So entstehen also durch natürliche Zuchtwahl nicht nur vollkommnere, sondern auch unvollkommnere Individuen und Organe. Ein und derselbe Process führt in einem Falle zur höheren Ausbildung und Vervollkommnung des Organs und selbst zur Neubildung vorher nicht existirender Theile, im anderen Falle dagegen umgekehrt zur Rückbildung und Verkümmerung desselben, und endlich selbst zum Verschwinden mancher existirenden Theile. Schon hieraus geht hervor, dass, wie wir in den beiden vorhergehenden Abschnitten zeigten, die Differenzirung der Organismen keineswegs immer und nothwendig mit einer Vervollkommnung, vielmehr häufig mit entschiedener Rückbildung verbunden ist. Es ist besonders wichtig, hierbei ins Auge zu fassen, dass durch den Besitz hoch differenzirter Theile dem Organismus nicht allein Vortheile, sondern auch Lasten erwachsen, und dass also das Verschwinden solcher

Theile, welche immer eine bestimmte Quantität von Nahrung erfordern, für ihn ein positiver Vortheil ist, sobald dieselben nicht mehr in Gebrauch, ihm nicht mehr von Nutzen sind. So wird für eine Vogel-Art, welche aus irgend einem Grunde sich das Fliegen abgewöhnt und sich zum Laufen ausbildet, die allmähliche Verkümmerung und Reduction der Flügel schon allein aus dem Grunde ein grosser Vortheil sein, weil der beträchtliche Aufwand von Nahrungsmaterial, den die Flügel erforderten, nunmehr dem übrigen Körper zu Gute kommt. Die schwächere Ernährung der oberen, nicht mehr gebrauchten Extremitäten, wird hier unmittelbar eine entsprechend stärkere Ernährung der unteren, allein zur Ortsbewegung gebrauchten Extremitäten herbeiführen, und der Aufbildung der letzteren wird die Rückbildung der ersteren parallel gehen. Für ein parasitisches Krustenthier, welches in der Jugend frei beweglich und mit Sinnes-Organen versehen ist, wird späterhin, wenn es zur parasitischen Lebensweise übergegangen ist und sich festgesetzt hat, der Verlust der Sinnes- und Bewegungs-Organe ein entschiedener Vortheil sein. Denn dieselben Ernährungs-Säfte, dieselben Massen von Materie, welche vorher für die Unterhaltung und Uebung jener Organe verwandt wurden, können nunmehr, wo diese nicht mehr in Wirksamkeit sind, zur Bildung von Fortpflanzungs-Stoffen verwandt werden. Es ist also die möglichst ausgedehnte Rückbildung und der eventuelle Schwund der unnützen Theile für den übrigen Körper von entschiedenem Nutzen, wie wir es schon nach dem Gesetz der wechselbezüglichen Anpassung, bei der grossen Wichtigkeit der Wechselbeziehungen der verschiedenen Körpertheile zu einander, erwarten konnten. Der negative Vortheil, den der Verlust bestimmter überflüssiger oder schädlicher Theile dem Organismus gewährt, wird also im Kampfe um das Dasein ebenso züchtend wirken, wie irgend ein anderer positiver Vortheil. Er wird die Rückbildung (Cataplase) und endlich die vollständige Vernichtung (Abortus) des cataplastischen Theils bewirken.

Die Parallele zwischen der Phylogenie und Ontogenie tritt auch in diesem Falle wiederum auf das schlagendste an's Licht; denn die gesammte individuelle Entwickelunggeschichte der rudimentären Theile zeichnet uns in kurzer Zeit mit flüchtigen aber charakteristischen Strichen die Grundzüge des langen und langsamen cataplastischen Processes, durch welchen die rudimentären Theile im Laufe vieler Generationen durch Anpassung an einfachere Lebens-Bedingungen, durch Nichtgebrauch, Nichtübung etc. von ihrer früheren Ausbildungs-Höhe herabsanken. Hier, wenn irgendwo, kann auch der eifrigste Dualist, falls er nicht ganz mit teleologischer Blindheit geschlagen ist, sich monistischen Anschauungen nicht entziehen; ja dieselben sind hier sogar unbewusst schon durch den Sprachgebrauch ausgedrückt, denn

die Bezeichnungen der „verkümmerten, fehlgeschlagenen, abortirten, atrophischen" Theile involviren selbstverständlich die Annahme einer früher dagewesenen höheren Ausbildung. Bei Betrachtung der parasitischen Crustaceen und ihrer regressiven Metamorphose muss jeder Zweifel verschwinden. Hier hört jeder dualistische Erklärungs-Versuch auf. Jede Teleologie unterliegt dem Gewichte dieser handgreiflichen Argumente, und der Monismus feiert durch die Descendenz-Theorie seinen glänzendsten Sieg [1]).

X, C. Dysteleologie der Individuen verschiedener Ordnung.

1. Dysteleologie der Plastiden.

(Lehre von den cataplastischen Individuen erster Ordnung.)

Wenn bisher von rudimentären, verkümmerten, fehlgeschlagenen, atrophischen, abortiven Theilen die Rede war, hat man fast immer vorzugsweise oder allein von „Organen" gesprochen; und auch Darwin, welcher im dreizehnten Capitel seines Werkes zuerst deren hohe Bedeutung vollkommen gewürdigt hat, spricht nur von „rudimentären Organen". Da nun aber die Organe, morphologisch betrachtet, nichts Anderes als Individuen zweiter Ordnung sind, wird sich uns unmittelbar die Vermuthung aufdrängen, dass auch die Individuen der übrigen Ordnungen in rudimentärem Zustande sich werden finden können. Dies ist in der That der Fall, und zwar in der weitesten Ausdehnung. Individuen aller sechs Ordnungen werden in rudimentärem oder cataplastischem Zustande angetroffen, und zwar sowohl im Thier- als im Pflanzenreich in den verschiedensten Graden der Rückbildung. Obgleich gerade an den Organen, wegen deren hervorragender physiologischer Wichtigkeit, die Entstehung und Bedeutung der rudimentären Beschaffenheit recht auffallend hervortritt, so ist diese desshalb doch bei den anderen fünf Individualitäten in nicht geringerem Grade häufig und bedeutend; ja wir glauben, dass für die Morphologie, und vorzüglich für die Promorphologie, die paläontologische Cataplase der

[1]) Welche ausserordentlich hohe Bedeutung gerade die parasitischen Crustaceen in dieser Hinsicht besitzen, hat Niemand richtiger erkannt, als Fritz Müller in seiner bewundernswürdigen Schrift „Für Darwin" (Leipzig 1864. p. 2). „Nirgends," sagt er, „ist die Versuchung dringender, den Ausdrücken: Verwandtschaft, Hervorgehen aus gemeinsamer Grundform — und ähnlichen, eine mehr als bloss bildliche Bedeutung beizulegen, als bei den niedern Krustern. Namentlich bei den Schmarotzerkrebsen pflegt ja längst alle Welt, als wäre die Umwandlung der Arten eine selbstverständliche Sache, in kaum bildlich zu deutender Weise von ihrer Verkümmerung durch Schmarotzerleben zu reden. Es mochte wohl Niemandem als eines Gottes würdiger Zeitvertreib erscheinen, sich mit dem Ausdenken dieser wunderlichen Verkrüppelungen zu belustigen, und so liess man sie durch eigene Schuld, wie Adam beim Sündenfall, von der früheren Vollkommenheit herabsinken."

Form-Individuen erster und vierter Ordnung, der Plastiden und Metameren, noch viel bedeutender und wichtiger ist, als diejenige der Organe. Wir wollen hier daher einen flüchtigen Blick auf die verschiedene Anwendung der Dysteleologie bei morphologischen Individuen aller sechs Ordnungen werfen.

Die Plastiden oder Plasmastücke, die morphologischen Individuen erster Ordnung sind in rudimentärem oder cataplastischem Zustande äusserst verbreitet. Denn jedes zusammengesetzte Form-Individuum zweiter bis sechster Ordnung, welches wir als cataplastisches betrachten müssen, verdankt seinen rudimentären Zustand und die bewirkende Ursache desselben, seine phylogenetische Degeneration, zunächst einer paläontologischen Cataplase seiner constituirenden Plastiden. Ebenso wie jede physiologische und morphologische Eigenschaft eines polyplastiden Individuums, vom Organ bis zum Stock hinauf, das unmittelbare Resultat oder die nothwendige Summe der physiologischen und morphologischen Eigenschaften der Plastiden ist, welche dasselbe zusammensetzen, ebenso ist auch jeder atrophische, abortive, cataplastische Zustand eines polyplastiden Organismus durch die entsprechende Cataplase der ihn zusammensetzenden Plastiden bedingt. Da mithin alle Fälle von Dysteleologie, welche wir an den Form-Individuen zweiter bis sechster Ordnung wahrnehmen, zugleich Fälle von Dysteleologie der Plastiden sind, so brauchen wir hier keine speciellen Beispiele für diese äusserst verbreitete Erscheinung anzuführen. Wir bemerken nur, dass die übergrosse Mehrzahl aller polyplastiden Organismen eine Anzahl von rudimentären Plastiden besitzt, da in den allermeisten Fällen die Differenzirung ihrer Vorfahren nicht ausschliesslich in progressiven, sondern auch an einzelnen Theilen des Körpers zugleich in regressiven Anpassungen bestanden hat. Gewöhnlich ist mit der fortschreitenden Metamorphose der meisten Körpertheile eine rückschreitende an einigen Stellen verbunden, und diese beruht wesentlich auf der Cataplase der constituirenden Plastiden.

Die physiologischen Processe, welche unmittelbar die Cataplase der abortirenden oder verkümmernden Plastiden bedingen, sind die verschiedenen Vorgänge der Degeneration oder Entbildung, welche wir oben bereits namhaft gemacht haben, also besonders einfache Atrophie, Erweichung, fettige Degeneration, Verhärtung, Verkalkung u. s. w. Im Einzelnen sind diese physiologischen Grundlagen der Plastiden-Cataplase noch sehr wenig untersucht.

2. Dysteleologie der Organe.

(Lehre von den cataplastischen Individuen zweiter Ordnung.)

Die Organe oder die morphologischen Individuen zweiter Ordnung sind bisher, wie bemerkt, fast ausschliesslich Gegenstand dysteleologi-

scher Betrachtungen gewesen, und es erklärt sich dies daraus, dass gerade hier das physiologische Paradoxon ihrer Existenz bedeutend in die Augen springt. Da bei den meisten Organen mehr, als bei den meisten Form-Individuen anderer Ordnungen, die bestimmte physiologische Bedeutung klar ausgesprochen und in den meisten Fällen uns bekannt ist, so muss gerade hier der räthselhafte Widerspruch zwischen der morphologischen Existenz und der physiologischen Bedeutungslosigkeit der rudimentären Individuen besonders auffallend hervortreten und der teleologischen Naturbetrachtung unübersteigliche Hindernisse bereiten. Daher ist auch gerade hier sehr leicht zu beweisen, dass nur die Descendenz-Theorie diese, von teleologischem Standpunkte durchaus unerklärlichen Erscheinungen ebenso einfach als befriedigend zu erklären vermag. Denn was kann ein „Schöpfer" in seinem „Schöpfungsplan" mit der Bildung von unzweckmässigen Organen „bezweckt" haben, mit der zweckmässigen Einrichtung von Werkzeugen, welche niemals in Function treten? Wenn irgendwo die monistisch-mechanische Auffassung der organischen Natur vollkommen unwiderlegbar ist, so ist es an diesem Punkte; und wenn wir vorher die gesammte Dysteleologie als die Klippe bezeichnet haben, an der jeder teleologische und vitalistische Dualismus rettungslos zerschellt, so gilt dies in ganz besonderem Grade von der Dysteleologie der Organe.

„Organe" im engeren, rein morphologischen Sinne (also morphologische Individuen zweiter Ordnung), welche die Bezeichnungen „rudimentärer, atrophischer, abortiver, fehlgeschlagener, verkümmerter, entarteter Organe" u. s. w. verdienen und welche wir sämmtlich als „cataplastische Organe" zusammenfassen wollen, sind in der gesammten Organismenwelt, im ganzen Thierreich, Protistenreich und Pflanzenreich so ausserordentlich weit verbreitet, und so äusserst mannichfaltig gebildet, dass die gesammte vergleichende Anatomie in fast allen Organismen-Gruppen uns eine Fülle von schlagenden Beispielen liefert. Wir wollen nur einige der wichtigsten hervorheben.

Am auffallendsten und bemerkenswerthesten sind diejenigen Fälle von cataplastischen Organen, bei denen eine ganz bestimmte, specielle und besonders ausgebildete Function eines sehr zusammengesetzten Organs vollständig aufgehoben ist, trotzdem das Organ selbst vorhanden ist. Kein Organ des thierischen Körpers ist in dieser Beziehung vielleicht so ausserordentlich merkwürdig, als das Auge, und die rudimentären Augen der parasitischen und unterirdischen Thiere müssen selbst dem befangensten und blödesten Naturforscher-Auge die Unmöglichkeit teleologisch-vitalistischer Erklärungen klar machen. Wir finden solche rudimentäre Augen in den verschiedensten Stadien der Cataplase, nicht selten noch mit vollständig erhaltenen lichtbrechenden Medien und dem gesammten optischen Apparate der ausgebildeten

und functionirenden Augen, während sie doch statt der durchsichtigen Cornea vollständig von undurchsichtiger Haut bedeckt sind, so dass kein Lichtstrahl in sie hineinfallen kann. Bei parasitischen und besonders bei Höhlen bewohnenden Thieren der verschiedensten Gruppen können wir sie von diesem ersten Stadium der Cataplase bis zur vollständigen Verkümmerung und endlich zum gänzlichen Schwunde verfolgen. Von den zahlreichen Beispielen erwähnen wir bloss: von den Säugethieren: mehrere Maulwürfe *(Talpa caeca, Chrysochloris)* und Blindmäuse (*Spalax typhlus, Ctenomys*[1]) etc.); von den Reptilien: viele unterirdisch lebende Eidechsen und Schlangen *(Typhline, Dibamus, Acontias caecus, Amphisbaena, Typhlops* etc.); unter den Amphibien: *Caecilia, Proteus anguineus* und andere Proteiden; unter den Fischen: die Heteropygier *(Amblyopsis spelaeus* und *Typhlichthys subterraneus)*, einige Welse *(Silurus caecutiens)*, einige Aale *Apterichthys caecus)*, und die] parasitischen |Myxinoiden (besonders *Gastrobranchus caecus).* Noch viel zahlreicher, als unter den Wirbelthieren, sind Beispiele von rudimentären Augen unter allen Abtheilungen der Wirbellosen zu finden, besonders bei Parasiten, Höhlenbewohnern, und solchen, die auf dem dunkeln Grunde des tiefen Meeres leben; wir erinnern bloss an die zahlreichen blinden Insecten (besonders Hymenopteren und Käfer), Arachniden, Crustaceen[2]), Schnecken, Würmer etc. Alle Stadien der paläontologischen Cataplase sind hier anzutreffen und liefern die unwiderleglichsten Beweise für die Descendenz-Theorie.

Nächst den Gesichts-Organen sind es vorzüglich die Flugorgane, welche unter den cataplastischen Organen besonders merkwürdig und wichtig sind. Wir haben bloss zwei Thierklassen mit entwickelten Flug-

[1]) Die rudimentären Augen von *Ctenomys* sind besonders deshalb interessant, weil nach einer von Darwin darüber gemachten Mittheilung die Rückbildung der Augen bei diesem Nagethier noch gegenwärtig im Gange ist, und deutlich zeigt, dass nicht ausschliesslich der „Nichtgebrauch", sondern auch andere secundäre Ursachen die Cataplase durch natürliche Züchtung begünstigen oder veranlassen können. Darwin macht hierüber im fünften Capitel seines Werks folgende interressante Mittheilung: „Ein südamerikanischer Nager, *Ctenomys*, hat eine noch mehr unterirdische Lebensweise, als der Maulwurf, und ein Spanier, welcher oft dergleichen gefangen, versicherte mir, dass solche oft ganz blind seien; einer, den ich lebend bekommen, war es gewiss, und zwar, wie die Section ergab, in Folge einer Entzündung der Nickhaut. Da häufige Augen-Entzündungen einem jeden Thiere nachtheilig werden müssen, und da für unterirdische Thiere die Augen gewiss nicht unentbehrlich sind, so wird eine Verminderung ihrer Grösse, die Verwachsung des Augenlides damit, und die Ueberziehung derselben mit dem Felle für sie von Nutzen sein; und wenn dies der Fall, so wird natürliche Züchtung die Wirkung des Nichtgebrauchs beständig unterstützen."

[2]) Unter den historisch erblindeten höheren Crustaceen sind ganz besonders merkwürdig einige stieläugige Krabben (Podophthalmen), bei denen der Augenstiel noch vorhanden, obwohl das Auge selbst verloren ist. Wie Darwin treffend bemerkt, ist hier das Teleskopen-Gestell geblieben, obwohl das Teleskop selbst mit seinem Glase verloren gegangen ist.

organen, welche hier in Betracht kommen, die Vögel und die Insecten; denn die unvollkommenen Flügel (Brustflossen) der fliegenden Fische *(Dactylopterus, Exocoetus, Pegasus)*, sowie der fliegenden Leguane *(Draco)*, Beutelthiere *(Petaurus)*, Nagethiere *(Pteromys)* und Dermopteren *(Galeopithecus)*, sind erst werdende (anaplastische), nicht verkümmernde Flugorgane, und unter den fliegenden Fledermäusen und Pterodactylen mit vollkommen entwickelten Flugorganen sind uns keine rudimentären oder verkümmerten Fälle bekannt. Unter den Vögeln sind durch die mehr oder weniger weit gehende Reduction der Flugwerkzeuge vorzüglich diejenigen ausgezeichnet, welche sich das Laufen angewöhnt und dabei das Fliegen verlernt haben: die merkwürdige Ordnung der Cursores: Strauss, Rhea, Casuar, Apteryx, Didus. Als rudimentäre Flugorgane können auch die Flügel der Pinguine *(Aptenodytes)*, betrachtet werden, welche jedoch in gute Schwimmorgane umgewandelt, und daher nicht so ohne Function, wie die Flügel der Cursores oder Laufvögel sind. Unter den Insecten sind die Beispiele von rudimentären oder verkümmerten Flügeln in allen Ordnungen, und in sehr vielen Familien, so überaus zahlreich, dass wir in dieser Beziehung einfach auf die Handbücher der Entomologie verweisen können. Es finden sich hier nicht allein viele Arten, bei denen eines der beiden Geschlechter (gewöhnlich das Weibchen) flügellos, das andere (gewöhnlich das Männchen) geflügelt ist, sondern auch viele Gattungen, von denen einzelne Arten mit rudimentären, die andern mit entwickelten Flügeln versehen sind, ferner ganze flügellose Gattungen neben anderen geflügelten Gattungen derselben Familie, flügellose Familien neben geflügelten Familien derselben Ordnung, und endlich eine so grosse Gruppe von niederen flügellosen Insecten ohne Verwandlung, dass man dieselben sogar als eine besondere Ordnung unter dem Namen der flügellosen Insecten (Aptera) vereinigt hat. Die Flugwerkzeuge finden sich in allen diesen Fällen auf den verschiedensten Stadien der paläontologischen Cataplase, so dass über ihre Verkümmerung durch natürliche Züchtung gar kein Zweifel existiren kann. Es sind aber diese Fälle um so wichtiger, als offenbar alle anatomischen und morphogenetischen Verhältnisse der Insecten bestimmt darauf hinweisen, dass alle Mitglieder der Insecten-Classe, in dem Umfange, in welchem wir heutzutage dieselbe kennen (also auch alle jetzt lebenden Insecten aller Ordnungen) von gemeinsamen geflügelten Voreltern abstammen, und dass demnach alle gegenwärtig existirenden Fälle von Insecten mit rudimentären Flügeln (ebenso wie alle Fälle von Vögeln mit rudimentären Flügeln) einer phylogenetischen Cataplase durch natürliche Zuchtwahl ihrem Ursprung verdanken.

Wie die Flug-Werkzeuge, so liefern uns auch die übrigen Bewegungs-Organe der Thiere eine endlose Fülle von schlagenden Bei-

spielen für die Dysteleologie. Es gehören hierher die interessantesten Phaenomene aus der vergleichenden Anatomie der activen (Muskeln) und passiven Bewegungs-Werkzeuge (Skelettheile). Wir erinnern bloss an einen der wichtigsten und am besten bekannten Theile der vergleichenden Anatomie, an die comparative Osteologie und Myologie der Wirbelthiere. Wie dieser Theil der Morphologie von den geistreichsten vergleichenden Anatomen aller Zeiten, von Aristoteles an bis auf Goethe, Cuvier, Johannes Müller, Gegenbaur und Huxley[1]), mit Recht als besonderer Lieblingszweig bevorzugt worden ist, und wie er uns auf jeder Seite die schlagendsten Beweise für die Descendenz-Theorie in Hülle und Fülle liefert, so bereichert derselbe auch die Dysteleologie mit einer solchen Masse von Material, dass es schwer wird, einzelne Fälle besonders hervorzuheben. Es giebt fast keinen Theil des Wirbelthier-Skelets und der Wirbelthier-Muskulatur, welcher nicht durch alle Stadien der phylogenetischen Cataplase hindurch (in sehr vielen Fällen sogar bis zum vollständigen Schwunde) zu verfolgen wäre. Ganz vorzüglich gilt dies von den Extremitäten. Wir erinnern bloss daran, dass alle uns bekannten Wirbelthiere (vielleicht mit einziger Ausnahme des *Amphioxus*) von gemeinsamen archolithischen Voreltern abstammen, welche zwei Extremitäten-Paare, ein Paar Vorderbeine (Brustflossen) und ein Paar Hinterbeine (Bauchflossen) besassen, und dass diese vier Extremitäten sowohl unter den jetzt noch lebenden Vertebraten, als unter ihren ausgestorbenen Voreltern, durch alle Stadien der historischen Rückbildung oder der phylogenetischen Cataplase hindurch zu verfolgen sind, und zwar sowohl die ganzen Extremitäten, als alle ihre einzelnen Theile, von letzteren namentlich auch die fünf Zehen (welches offenbar die ursprüngliche Zehenzahl für jeden Fuss der gemeinsamen Stammeltern aller höheren Wirbelthiere von den Amphibien aufwärts war). Den Gipfel der paläontologischen Reduction der vier ursprünglichen Wirbelthier-Extremitäten finden wir erreicht in ihrem vollständigen Schwunde bei den meisten Schlangen und bei

---

1) Während die vorzüglichen vergleichend-anatomischen Arbeiten von Aristoteles, Cuvier und Johannes Müller zeigen, wie auch der grösste Genius das vielfach verschlungene Räthsel der organischen Morphologie von teleologisch-vitalistischem Standpunkte nicht zu lösen vermag, und wie auch die sorgfältigsten Untersuchungen ohne den monistischen Grundgedanken der gemeinsamen Abstammung vergeblich nach Erklärung dieser unendlich verwickelten Erscheinungen ringen, so finden wir dagegen in den entsprechenden Arbeiten von Goethe, Gegenbaur und Huxley den augenfälligen Beweis, wie dieselben durch den monistischen Grundgedanken der Descendenz-Theorie eine ebenso einfache als harmonische und vollständige Erklärung finden. Vergl. vorzüglich Gegenbaur's ausgezeichnete „Untersuchungen zur vergleichenden Anatomie der Wirbelthiere" (I. Carpus und Tarsus; II. Schultergürtel der Wirbelthiere, Brustflossen der Fische) Leipzig, 1864. 1865.; und ferner Huxley's vortreffliche „Lectures on the elements of comparative anatomy"; London, 1864.

den flossenlosen Fischen (*Apterichthys*, *Uropterygius*, *Gymnothorax* und anderen Aalen). Uebrigens sind auch bei allen Classen der Wirbellosen die Beispiele von theilweiser und vollständiger Cataplase der activen und passiven Bewegungs-Organe, und besonders der Extremitäten, so ausserordentlich zahlreich und mannichfaltig, dass wir in der That keinen besonderen Fall hervorzuheben brauchen. Die auffallendsten Beispiele liefern die Gliederthiere, vorzüglich die Parasiten in den verschiedenen Ordnungen der Crustaceen etc.

Auch unter den Ernährungs-Organen finden wir alle möglichen Stadien der phylogenetischen Cataplase durch natürliche Züchtung. Alle einzelnen Theile der Verdauungs- und Circulations-Organe, der Respirations- und Secretions-Organe, sowie diese ganzen Organ-Apparate selbst, können theilweise oder vollständig der historischen Rückbildung im Kampf ums Dasein unterliegen. Eine Menge von besonders einfachen und schlagenden Beispielen liefert das Gebiss der Wirbelthiere und besonders der Säugethiere. Namentlich sind hier die von Darwin angezogenen Beispiele der Wiederkäuer und Cetaceen von Interesse. Die Kälber der Rinder besitzen vor der Geburt im Oberkiefer verborgene Zähne, welche niemals den Kiefer durchbrechen. Ebenso besitzen die Embryonen der zahnlosen Barten-Wale in beiden Kiefern Zähne, die niemals in Function treten. Bei den meisten Ordnungen der Säugethiere sind einzelne Zähne des completen Gebisses rudimentär geworden, welches die gemeinsamen Voreltern der Mammalien besassen, bei der einen die Schneide-, bei der anderen die Eck-, bei der dritten die Backzähne. Bei den Edentaten geht diese Reduction noch viel weiter und wird oft ganz vollständig und allgemein. Die Speicheldrüsen werden bei vielen im Wasser lebenden Säugethieren rudimentär, so namentlich bei den Pinnipedien und den carnivoren Cetaceen, bei welchen letzteren sie gänzlich schwinden. Sehr häufig werden auch andere Drüsen und Anhänge des Darmcanals rudimentär, z. B. die Appendices pyloricae und die Schwimmblase bei vielen Fischen. Beim Menschen ist als ein solcher rudimentärer Darmanhang besonders der Processus vermiformis des Blinddarms hervorzuheben [1]). Ganz vollständige Verkümmerung des Darmcanals bis zum Schwinden findet sich bei einigen Imagines (namentlich Männchen)

---

1) Der menschliche Processus vermifornis verdient desshalb besondere Berücksichtigung, weil er nicht nur ein unnützes, sondern sogar ein entschieden schädliches und gefährliches „rudimentäres Organ" darstellt. Bekanntlich veranlasst das Steckenbleiben von Fruchtkernen u. dergl. im Wurmanhang sehr häufig Entzündungen desselben und seiner Umgebung (Typhlitis, Perityphlitis), welche meistens letalen Ausgang haben. Dagegen ist die Verödung und Verwachsung desselben in Folge einer solchen Entzündung durchaus mit keinem Nachtheil für den menschlichen Organismus verbunden. Es ist daher zu erwarten, dass die natürliche Züchtung denselben vollständig zum Verschwinden bringen wird.

von Insecten (deren Larven einen Darm besitzen), ferner bei einigen Crustaceen und vielen Würmern, besonders den Acanthocephalen und Cestoden, deren Voreltern zweifelsohne einen Darm besessen haben. Nicht minder zahlreich und mannichfaltig sind die dysteleologischen Beispiele im Bereiche des Circulations-Systems. Wir erinnern bloss daran, dass von den mehrfachen (3—7) Aortenbogen-Paaren, welche die gemeinsamen Voreltern aller uns bekannten Wirbelthiere besassen, die meisten Vertebraten nur einen oder einige Bogen entwickelt, den grösseren Theil verkümmert zeigen, und dass von den beiden abdominalen Aortenstämmen bei den Vögeln der linke, bei den Säugern der rechte atrophirt. Vollständigen Schwund des Circulations-Systems, und ebenso auch des Respirations-Systems finden wir bei vielen durch Parasitismus rückgebildeten Thieren, besonders Gliederthieren. Durch Schwund einer von beiden Lungen zeigen sich die meisten Schlangen und viele schlangenähnliche Eidechsen aus. Partieller Schwund der Kiemen (an der Zahlenreduction der Kiemenblattreihen sehr deutlich nachzuweisen) findet sich bei vielen Fischen. Ebenso erleiden die verschiedenartigen Secretions- und Excretions-Organe in den verschiedenen Thierklassen, oft bei nahe verwandten Arten, den verschiedensten Grad der Cataplase.

Auch die Fortpflanzungs-Organe liefern uns eine Fülle der trefflichsten dysteleologischen Beweise, die besonders dann von Interesse sind, wenn die Sexual-Organe bei beiden Geschlechtern in derselben Form angelegt und ursprünglich in der Weise differenzirt sind, dass beim männlichen Geschlecht eine Reihe, beim weiblichen Geschlecht eine andere Reihe von Theilen rudimentär geworden ist, während eine dritte Reihe bei beiden Geschlechtern zur vollständigen Entwickelung gekommen ist. Auch hier wieder sind die Wirbelthiere und namentlich die Säugethiere von besonderer Wichtigkeit. Hier werden beim Manne die Müllerschen Fäden rudimentär und nur die Reste ihres unteren Endes bilden den Uterus masculinus (die Vesicula prostatica), die Reste des oberen Endes die Morgagnische Cyste des Nebenhodenkopfs, während beim Weibe Uterus und Eileiter aus denselben Müllerschen Fäden gebildet werden. Umgekehrt verhalten sich die Wolffschen Gänge oder die Ausführungsgänge der Primordial-Nieren, welche beim Weibe (als sogenannte „Gartnersche Canäle") rudimentär werden, während dieselben beim Manne sich zu den Saamenleitern ausbilden. Ebenso schwinden auch beim Weibe die Urnieren selbst (oder die Wolffschen Körper), indem als abortiver Rest derselben bloss die Rosenmüllerschen Organe oder Nebeneierstöcke (Parovaria) übrig bleiben, wogegen aus denselben beim Manne sich der Nebenhoden (Epididymis) entwickelt. Was dagegen die äusseren Genitalien betrifft, die ebenso wie die inneren bei beiden Geschlechtern

aus derselben gemeinschaftlichen Grundlage sich entwickeln, so ist die weibliche Clitoris, welche dem männlichen Penis entspricht, nicht als ein rudimentäres cataplastisches, sondern als ein werdendes Organ zu betrachten. Die Milchdrüsen (Mammae) und die dazu gehörigen Milchzitzen (Brustwarzen) der Säugethiere finden sich ebenfalls bei beiden Geschlechtern der Säugethiere, beim männlichen aber bloss rudimentär. Bisweilen können sie auch hier wieder in Function treten und sich nochmals anaplastisch entwickeln, wie die bekannten Beispiele von säugenden Männern und Ziegenböcken beweisen, welche durch A. v. Humboldt und andere sichere Gewährsmänner festgestellt sind. Bei den alten gemeinsamen Voreltern der Säugethiere haben demnach wahrscheinlich beide Geschlechter die Jungen gesäugt und erst später ist zwischen Beiden die Arbeitstheilung des Säugegeschäfts eingetreten.

Im Pflanzenreiche haben die rudimentären Organe, hier gewöhnlich als „fehlgeschlagene oder abortirte" bezeichnet, schon seit langer Zeit weit mehr Beachtung als im Thierreiche gefunden, obwohl auch hier die wahre Erklärung der längst bekannten, aber immer falsch gedeuteten Thatsachen erst durch die Descendenz - Theorie möglich geworden ist. In allen Abtheilungen des Pflanzenreichs sind rudimentäre Organe, und bei den Cormophyten sowohl Blatt - als Stengel - Organe, in entschieden cataplastischem Zustand sehr leicht nachzuweisen. Doch müssen wir auch hier ebenso wie im Thierreiche wohl unterscheiden zwischen werdenden (anaplastischen) und rückschreitenden (cataplastischen) Organen, welche letzteren allein den Namen der „rudimentären Organe" in engerem Sinne verdienen. Diese wichtige theoretische Unterscheidung ist oft sehr schwierig, sowohl bei rudimentären Blatt - als Stengel - Organen. Als unzweifelhaft cataplastische Ernährungs-Organe können wir z. B. die haarförmigen, borstenförmigen und schuppenförmigen Blattrudimente der Cacteen, des *Ruscus*, vieler Schmarotzer (*Orobanche*, *Lathraea*) etc. ansehen. Aeusserst verbreitet sind cataplastische Blätter in den Fortpflanzungs-Organen (Blüthentheilen) der Phanerogamen, von denen wohl die allermeisten jetzt lebenden Arten dergleichen besitzen. Es ist nämlich aus vielen (besonders promorphologischen) Gründen zu vermuthen, dass die homotypische Grundzahl oder die Antimeren - Zahl (bei den Monocotyledonen ganz vorherrschend drei, bei den Dicotyledonen fünf, seltener vier) ursprünglich in allen Blattkreisen (Metameren) der Blüthe dieselbe gewesen ist, und dass erst durch nachträgliche Reduction (Cataplase) einzelner Antimeren in einzelnen Blattkreisen die betreffenden Geschlechtsorgane rückgebildet worden oder verloren gegangen sind. Am häufigsten trifft diese phylogenetische Cataplase die weiblichen, viel seltener die männlichen Ge-

schlechtstheile, und von den Blüthenhüllblättern viel häufiger die Krone, als den Kelch. In sehr zahlreichen Fällen liefert uns noch gegenwärtig die Ontogenie der Blüthe den unwiderleglichen Beweis dafür, indem die später verkümmernden Theile in der ursprünglichen Anlage nicht allein vorhanden, sondern auch ebenso gut entwickelt sind, als diejenigen, welche später allein vollständig ausgebildet erscheinen. Doch ist es auch hier oft sehr schwer, zwischen der blossen Hemmungsbildung (d. h. dem Stehenbleiben einzelner Organe auf früherer, niederer Stufe und der einseitigen Ausbildung anderer coordinirter Organe) und der wirklichen paläontologischen Rückbildung zu unterscheiden. Die letztere scheint jedoch im Ganzen sehr viel häufiger als die erstere zu sein. Die besonderen Verhältnisse der natürlichen Züchtung, welche im Kampfe um das Dasein diese äusserst häufige Reduction einzelner Geschlechtsorgane bedingt haben und noch jetzt beständig begünstigen, sind uns noch ganz unbekannt. Je geringer aber das physiologische, um so höher ist das morphologische Interesse dieser für die Dysteleologie äusserst wichtigen Erscheinungs-Reihen.

Die gesammte vergleichende Anatomie der Phanerogamen-Blüthen liefert solche Massen von Beispielen für die phylogenetische Cataplase einzelner Geschlechtsorgane, dass wir hier nur ein paar Exempel für beiderlei Genitalien erwähnen wollen. Die weiblichen Genitalien, welche hierin am meisten ausgezeichnet sind, bieten dergleichen fast überall. Von den drei Griffeln der Gräser ist der eine abortirt, ebenso meist die eine von den drei Narben der Cyperaceen. Von den fünf Griffeln der Umbelliferen sind drei verkümmert, von den fünf Griffeln der *Parnassia* nur einer. Die Reduction eines Theiles der männlichen Genitalien charakterisirt oft grosse „natürliche Familien" der Phanerogamen. So ist z. B. bei den Labiaten (Didynamia) von den ursprünglichen fünf Staubfäden fast immer einer, bisweilen aber auch drei fehlgeschlagen (z. B. *Lycopus*, *Rosmarinus*, *Salvia*). Ebenso sind bei den Cruciferen (Tetradynamia) fast allgemein von den ursprünglichen acht Staubfäden zwei (der dorsale und ventrale des äusseren Kreises) abortirt, bisweilen aber auch sechs (*Lepidium ruderale*). Ebenso geht sehr häufig das eine oder andere Blatt aus den vollzähligen Blattkreisen der Blüthenhüllen, des Kelchs und besonders der Krone verloren.

3. Dysteleologie der Antimeren.

(Lehre von den cataplastischen Individuen dritter Ordnung.)

Im Gegensatz zu den rudimentären Organen, welche bisher fast ausschliesslich berücksichtigt wurden, sind die rudimentären Antimeren bis jetzt noch gar nicht in Erwägung gezogen worden. Es erklärt

sich dies einestheils aus der allgemeinen Vernachlässigung, welche diese für die Morphologie so äusserst wichtigen Theile bisher allgemein erfahren haben: anderentheils aus dem Umstande, dass die Cataplase der Antimeren nicht von derjenigen Bedeutung für die Promorphologie ist, wie ihre Differenzirung. Doch ist sie sehr häufig unmittelbar mit dieser verbunden, und wird in vielen Fällen schon dadurch wichtig, dass sie die homotypische Grundzahl abändert. Dies ist insbesondere sehr häufig bei den Blüthen der Phanerogamen der Fall, wo sowohl die ursprüngliche Antimeren-Zahl einzelner Metameren (Blattkreise), als auch der gesammten Blüthe durch die mehr oder weniger vollständige Reduction einzelner Antimeren verändert werden kann. Fast alle so eben angeführten Fälle von vollständigem „Abortus" einzelner Griffel und Antheren liefern hierfür Beispiele, da ein solches Fehlschlagen eines Geschlechtsorganes in den meisten dieser Fälle zugleich von einem Abortus des ganzen zugehörigen Antimeres (in demselben Metamere!) begleitet ist. Seltener wird die ursprüngliche Grundzahl der ganzen Blüthe durch diese phylogenetische Cataplase einzelner Antimeren verändert, dann nämlich, wenn alle Blattkreise oder Metameren derselben die gleiche Reduction erleiden. Im Thierreiche findet sich dieser Fall von vollständigem Abortus einzelner Antimeren bei den höchst differenzirten Spatangiden, bei welchen von den fünf ursprünglichen Antimeren das unpaare ventrale bisweilen fast ganz rückgebildet wird. Ebenso finden wir bei den Siphonophoren von den ursprünglichen vier Antimeren oft zwei rudimentär oder auch ganz geschwunden, so dass nur noch zwei davon übrig sind. Sehr allgemein finden wir im Thierreich partielle Degeneration einzelner Antimeren.

4. Dysteleologie der Metameren.

(Lehre von den cataplastischen Individuen vierter Ordnung.)

Weit bedeutender als die phylogenetische Cataplase der Antimeren, ist diejenige der Metameren. Im Pflanzenreiche äussert sich dieselbe vorzüglich in der Bildung der Dornen (Spinae) und der Ranken (Capreoli) und derjenigen sogenannten „unentwickelten Stengelglieder", deren Vorfahren „entwickelt" waren, die also in der That rückgebildet sind. Als solche müssen wir z. B. zweifelsohne die äusserst verkürzten Internodien (Metameren) an den ganz niedrigen Stengeln der Alpenpflanzen und der Polarpflanzen ansehen, die erst in posttertiärer Zeit durch Anpassung an das kalte Klima entstanden sind, während die Vorfahren derselben in dem wärmeren Klima der Tertiärzeit meistens lange und entwickelte Stengelglieder gehabt haben werden. Im Thierreiche ist diese Cataplase ebenfalls sehr verbreitet und bei allen deutlich „segmentirten oder gegliederten" Thierklassen in sehr vielen Graden und Modificationen wahrzunehmen. Be-

sonders ist es in sehr zahlreichen Personen des Vertebraten- und Articulaten-Stammes das hintere oder aborale Ende des gegliederten Leibes, welches uns in dem mehr oder minder verkümmerten „Schwanze" eine Reihe von mehr oder minder cataplastischen Metameren erkennen lässt. Als ausgezeichnete Beispiele können hier eigentlich alle schwanzlosen oder kurzgeschwänzten Wirbelthiere angeführt werden, da deren paläontologische Entwickelung deutlich zeigt, dass ihre gemeinsamen Vorfahren sämmtlich langgeschwänzt waren; dies gilt also z. B. vom Menschen und den anderen ungeschwänzten Affen, bei denen übrigens das Rudiment des früheren Schwanzes noch in der kurzen Steisswirbelsäule (aus wenigen verkümmerten Vertebrae coccygeae zusammengesetzt) zu erkennen ist; ebenso sind die kurzen Schwanzstummel der Hasen, der Faulthiere, der meisten Cavicornien etc. offenbar rudimentäre Ketten von Metameren, welche in den langschwänzigen Vorfahren der betreffenden Säugethiere wohl entwickelt waren und sich in vielen verwandten Arten noch erhalten haben. Fast allgemein ist die paläontologische Rückbildung der caudalen Metameren bei den Vögeln, von denen nur *Archaeopteryx* den langen Schwanz zeigt, den zweifelsohne die gemeinsamen Stammeltern der Vögel und Reptilien besassen. Unter den Amphibien zeigen uns die ausgebildeten Ecaudaten (Frösche, Kröten) den höchsten Grad von Verkümmerung der langen Metameren-Kette, und dieser Fall ist besonders desshalb sehr bemerkenswerth, weil uns hier die Ontogenie den handgreiflichen Beweis von der phylogenetischen Cataplase derselben liefert. Denn die Larven der schwanzlosen Amphibien besitzen noch sämmtlich den langen, aus zahlreichen Metameren zusammengesetzten Schwanz, den ihre nahen Verwandten, die Sozuren (Salamander etc.) zeitlebens behalten, und den sie mit diesen zusammen von ihren langschwänzigen Vorfahren ererbt haben. Ebenso unzweifelhaft zeigt sich die paläontologische Degeneration einer Metameren-Kette in dem rudimentären Schwanze der Krabben oder brachyuren Decapoden, deren nächste Verwandte, die macruren (der Flusskrebs etc.) noch den langen Schwanz behalten haben, den ihre gemeinsamen Vorfahren besassen. Da in sehr vielen Fällen das Schwanzrudiment dieser kurzschwänzigen oder schwanzlosen Thiere ohne alle Bedeutung und ganz offenbar ohne jegliche physiologische Function ist, da ferner die Ontogenie in sehr vielen Fällen, im schönsten Einklang mit der Phylogenie, uns die historische Verkümmerung des Schwanzes unmittelbar vor Augen führt, so halten wir auch die rudimentären Metameren, ebenso wie die echten rudimentären Organe, für die stärksten Grundlagen der Dysteleologie, an denen jeder teleologische Erklärungs-Versuch rettungslos zerschellt, während dieselben durch die Descendenz-Theorie ebenso einfach als vollständig causal erklärt werden.

5. Dysteleologie der Personen.

(Lehre von den cataplastischen Individuen fünfter Ordnung.)

Als rudimentäre, verkümmerte oder cataplastische Personen können wir alle diejenigen Individuen fünfter Ordnung betrachten, welche in allen ihren Theilen eine so bedeutende paläontologische Rückbildung erlitten haben, dass ihr gesammter Körperbau weit unvollkommener und einfacher ist, als derjenige ihrer viel höher entwickelten Vorfahren. Dass sie in der That von solchen abstammen, wird sehr häufig auf das Bestimmteste durch ihre individuelle Entwickelungs-Geschichte bewiesen, deren frühere Stadien weit vollkommener organisirt sind, und meist noch lebendige Erinnerungen an die höher stehenden Vorfahren erhalten.

Die Ursachen der phylogenetischen Reduction sind auch hier, wie bei den meisten Individuen der anderen Ordnungen, Anpassungen der Organismen an einfachere Lebens-Bedingungen, welche zunächst einfachere Ernährungs-Verhältnisse, und durch fortgesetzten Nichtgebrauch der meisten Organe, welche die Beziehungen zur Aussenwelt vermitteln, Verkümmerung derselben und dadurch des ganzen Körpers herbeiführen. Kein Verhältniss wirkt in dieser Beziehung so mächtig ein, als der Parasitismus, und besonders der innere (Entozoismus) und wir können eigentlich sämmtliche parasitische Organismen als mehr oder minder rückgebildete, rudimentäre Bionten betrachten. Wo diese durch Individuen fünfter Ordnung repräsentirt werden, wie bei den Arthropoden und Cestoden, da können wir dieselben mithin als „rudimentäre oder cataplastische Personen“ bezeichnen.

Unter den Thieren sind es vorzüglich die Articulaten, sowohl die Arthropoden als die Würmer, welche in ihrer unendlich mannigfaltigen Anpassung an parasitische Lebensweise uns die verschiedensten Formen und Grade der phylogenetischen Cataplase von Personen vor Augen führen. Unter den Arthropoden finden wir dergleichen bei den verschiedenen Ordnungen der Insecten, Spinnen (Milben) und ganz besonders der Crustaceen (namentlich bei den parasitischen Copepoden und Isopoden). Die letzteren sind vorzüglich desshalb von so hohem Interesse, weil uns ihre individuelle Entwickelungsgeschichte, die regressive Metamorphose der höher entwickelten Larven, den handgreiflichen Beweis von ihrer paläontologischen Rückbildung liefert und deren Geschichte in kurzen treffenden Zügen erzählt. In vielen Fällen sinkt hier die reife Person zu einem einfachen, mit Geschlechtsproducten erfüllten Sacke herab, der sich auf die einfachste Weise, fast ohne besondere Ernährungs-Organe, ernährt (die Rhizocephalen, *Sacculina* und *Peltogaster*, *Lernaea* etc.). Dasselbe finden wir unter den Würmern bei den Acanthocephalen und Cestoden wie-

der. In ähnlicher Weise zeigen sich aber auch viele parasitische Pflanzen-Sprossen (*Cuscuta*, *Orobanche* etc.) in hohem Grade verkümmert. Eine besonderes interessante Form der Cataplase von Personen finden wir bei vielen Thieren mit getrennten Geschlechtern, wo bald das Männchen bald das Weibchen durch Anpassung an einfachere Existenz-Bedingungen (besonders wiederum Parasitismus) einen mehr oder minder bedeutenden Grad von Verkümmerung erlitten hat. Bekannt sind in dieser Beziehung die „rudimentären Männchen" der Räderthiere (welchen der Darmcanal der Weibchen fehlt) und einiger Insecten und parasitischen Crustaceen. Bei anderen parasitischen Crustaceen sind umgekehrt die Weibchen weit mehr verkümmert als die Männchen, ebenso bei den Strepsipteren (*Stylops*, *Xenos*) und anderen parasitischen Insecten. In den meisten Fällen liegt hier eine Degeneration beider Geschlechter vor, die nur in dem einen von beiden einen höheren Grad erreicht hat. Durch vollständige Cataplase des männlichen Geschlechts sind vielleicht diejenigen Fälle von Parthenogonie zu erklären, in denen überhaupt nur Weibchen in einer Species vorkommen, wie bei den Sackträgern (Psychiden).

6. Dysteleologie der Cormen.

(Lehre von den cataplastischen Individuen sechster Ordnung.)

Die wenigsten und geringfügigsten Beiträge zur Lehre von den rudimentären oder cataplastischen Individuen liefern uns die Individuen der sechsten und höchsten Ordnung, die Stöcke oder Cormen. Eigentlich können wir hier nur die entschieden degenerirten parasitischen Pflanzenstöcke anführen, bei denen sowohl die vergleichende Anatomie als die Ontogenie beweisen, dass sie degenerirte Nachkommen von höher entwickelten Vorfahren sind. Dahin gehören z. B. die Gruppen der Orobancheen, Cuscuteen, Cytineen, bei denen die paläontologische Rückbildung durch Anpassung an parasitische Lebensweise sowohl die einzelnen Personen (Sprosse) als auch den ganzen aus ihnen zusammengesetzten Stock in hohem Grade verändert hat. Gegenüber den nächstverwandten freilebenden Phanerogamen können diese parasitischen Stöcke entschieden als rückgebildete gelten, und haben dieselbe physiologische und morphologische Bedeutung, wie die „fehlgeschlagenen, abortiven, atrophischen" Individuen der anderen Ordnungen. Dagegen tritt, abgesehen von der individuellen Entwickelungsgeschichte, die dysteleologische Bedeutung hier mehr in den Hintergrund. Diese ist immer nur dann ganz klar, wenn die phylogenetische Degeneration Form-Individuen betroffen hat, welche subordinirte Bestandtheile von Individuen höherer Ordnung bilden, und hier, wegen mangelnder physiologischer Function, als nutzloser und überflüssiger Formen-Ballast erscheinen.

XI. Oecologie und Chorologie.

In den vorhergehenden Abschnitten haben wir wiederholt darauf hingewiesen, dass alle grossen und allgemeinen Erscheinungsreihen der organischen Natur ohne die Descendenz-Theorie vollkommen unverständliche und unerklärliche Räthsel bleiben, während sie durch dieselbe eine eben so einfache als harmonische Erklärung erhalten[1]. Dies gilt in ganz vorzüglichem Maasse von zwei biologischen Phaenomen-Complexen, welche wir schliesslich noch mit einigen Worten besonders hervorheben wollen, und welche das Object von zwei besonderen, bisher meist in hohem Grade vernachlässigten physiologischen Disciplinen bilden, von der Oecologie und Chorologie der Organismen[2].

Unter Oecologie verstehen wir die gesammte Wissenschaft von den Beziehungen des Organismus zur umgebenden Aussenwelt, wohin wir im weiteren Sinne alle „Existenz-Bedingungen“ rechnen können. Diese sind theils organischer, theils anorganischer Natur; sowohl diese als jene sind, wie wir vorher gezeigt haben, von der grössten Bedeutung für die Form der Organismen, weil sie dieselbe zwingen, sich ihnen anzupassen. Zu den anorganischen Existenz-Bedingungen, welchen sich jeder Organismus anpassen muss, gehören zunächst die physikalischen und chemischen Eigenschaften seines Wohnortes, das Klima (Licht, Wärme, Feuchtigkeits- und Electricitäts-Verhältnisse der Atmosphäre), die anorganischen Nahrungsmittel, Beschaffenheit des Wassers und des Bodens etc.

Als organische Existenz-Bedingungen betrachten wir die sämmtlichen Verhältnisse des Organismus zu allen übrigen Organismen, mit denen er in Berührung kommt, und von denen die meisten entweder zu seinem Nutzen oder zu seinem Schaden beitragen. Jeder Organismus hat unter den übrigen Freunde und Feinde, solche, welche seine Existenz begünstigen und solche, welche sie beeinträchtigen. Die Organismen, welche als organische Nahrungsmittel für Andere dienen, oder welche als Parasiten auf ihnen leben, gehören ebenfalls in diese Kategorie der organischen Existenz-Bedingungen. Von welcher ungeheueren Wichtigkeit alle diese Anpassungs-Verhältnisse für die gesammte Formbildung der Organismen sind, wie insbesondere die or-

---

1) Diese ungeheure mechanisch-causale Bedeutung der Descendenz-Theorie für die gesammte Biologie, und insbesondere für die Morphologie der Organismen, können wir nicht oft genug und nicht dringend genug den gedankenlosen oder dualistisch verblendeten Gegnern derselben entgegen halten, deren teleologische Dogmatik nur darin ihre Stärke besitzt, dass sie alle diese grossen und allgemeinen Erscheinungsreihen der organischen Natur gar nicht zu erklären vermögen.

2) οἶκος, ὁ, der Haushalt, die Lebensbeziehungen; χώρα, ἡ, der Wohnort, der Verbreitungsbezirk.

ganischen Existenz-Bedingungen im Kampfe um das Dasein noch viel tiefer umbildend auf die Organismen einwirken, als die anorganischen, haben wir in unserer Erörterung der Selections-Theorie gezeigt. Der ausserordentlichen Bedeutung dieser Verhältnisse entspricht aber ihre wissenschaftliche Behandlung nicht im Mindesten. Die Physiologie, welcher dieselbe gebührt, hat bisher in höchst einseitiger Weise fast bloss die Conservations-Leistungen der Organismen untersucht (Erhaltung der Individuen und der Arten, Ernährung und Fortpflanzung), und von den Relations-Functionen bloss diejenigen, welche die Beziehungen der einzelnen Theile des Organismus zu einander und zum Ganzen herstellen. Dagegen hat sie die Beziehungen desselben zur Aussenwelt, die Stellung, welche jeder Organismus im Naturhaushalte, in der Oeconomie des Natur-Ganzen einnimmt, in hohem Grade vernachlässigt, und die Sammlung der hierauf bezüglichen Thatsachen der kritiklosen „Naturgeschichte" überlassen, ohne einen Versuch zu ihrer mechanischen Erklärung zu machen. (Vergl. oben S. 236 Anm. und Bd. I, S. 238.)

Diese grosse Lücke der Physiologie wird nun von der Selections-Theorie und der daraus unmittelbar folgenden Descendenz-Theorie vollständig ausgefüllt. Sie zeigt uns, wie alle die unendlich complicirten Beziehungen, in denen sich jeder Organismus zur Aussenwelt befindet, wie die beständige Wechselwirkung desselben mit allen organischen und anorganischen Existenz-Bedingungen nicht die vorbedachten Einrichtungen eines planmässig die Natur bearbeitenden Schöpfers, sondern die nothwendigen Wirkungen der existirenden Materie mit ihren unveräusserlichen Eigenschaften, und deren continuirlicher Bewegung in Zeit und Raum sind. Die Descendenz-Theorie erklärt uns also die Haushalts-Verhältnisse der Organismen mechanisch, als die nothwendigen Folgen wirkender Ursachen, und bildet somit die monistische Grundlage der Oecologie. Ganz dasselbe gilt nun auch von der Chorologie der Organismen.

Unter **Chorologie** verstehen wir die gesammte **Wissenschaft von der räumlichen Verbreitung der Organismen**, von ihrer geographischen und topographischen Ausdehnung über die Erdoberfläche. Diese Disciplin hat nicht bloss die Ausdehnung der Standorte und die Grenzen der Verbreitungs-Bezirke in horizontaler Richtung zu projiciren, sondern auch die Ausdehnung der Organismen oberhalb und unterhalb des Meeresspiegels, ihr Herabsteigen in die Tiefen des Oceans, ihr Heraufsteigen auf die Höhen der Gebirge in verticaler Richtung zu verfolgen. Im weitesten Sinne gehört mithin die gesammte „Geographie und Topographie der Thiere und Pflanzen" hierher, sowie die Statistik der Organismen, welche diese Verbreitungs-Verhältnisse mathematisch darstellt. Nun ist zwar dieser

Theil der Biologie in den letzten Jahren mehr als früher Gegenstand der Aufmerksamkeit geworden. Insbesondere hat die „Geographie der Pflanzen“ durch die Bemühungen Alexander von Humboldt's und Frederik Schouw's lebhaftes und allgemeines Interesse erregt. Auch die „Geographie der Thiere“ ist von Berghaus, Schmarda und Anderen als selbstständige Disciplin bearbeitet worden. Indessen verfolgten alle bisherigen Versuche in dieser Richtung entweder vorwiegend oder selbst ausschliesslich nur das Ziel einer Sammlung und geordneten Darstellung der chorologischen Thatsachen, ohne nach den Ursachen derselben zu forschen. Man suchte zwar die unmittelbare Abhängigkeit der Organismen von den unentbehrlichen Existenz-Bedingungen vielfach als die nächste Ursache ihrer geographischen und topographischen Verbreitung nachzuweisen, wie sie dies zum Theil auch ist. Allein eine tiefere Erkenntniss der weiteren Ursachen, und des causalen Zusammenhangs aller chorologischen Erscheinungen war unmöglich, so lange das Dogma von der Species-Constanz herrschte und eine vernünftige, monistische Beurtheilung der organischen Natur verhinderte. Erst durch die Descendenz-Theorie, welche das erstere vernichtete, wurde die letztere möglich, und wurde eine ebenso klare, als durchschlagende Erklärung der chorologischen Phaenomene gegeben. Im elften und zwölften Capitel seines Werkes hat Charles Darwin gezeigt, wie alle die unendlich verwickelten und mannichfaltigen Beziehungen in der geographischen und topographischen Verbreitung der Thiere und Pflanzen sich aus dem leitenden Grundgedanken der Descendenz-Theorie in der befriedigendsten Weise erklären, während sie ohne denselben vollständig unerklärt bleiben. Wir verweisen hier ausdrücklich auf jene geistvolle Darstellung, da wir an diesem Orte keine Veranlassung haben, auf den Gegenstand selbst näher einzugehen.

Alle Erscheinungen, welche uns die rein empirische Chorologie als Thatsachen kennen gelehrt hat — die Verbreitung der verschiedenen Organismen-Arten über die Erde in horizontaler und verticaler Richtung; die Ungleichartigkeit und veränderliche Begrenzung dieser Verbreitungs-Bezirke; das Ausstrahlen der Arten von sogenannten „Schöpfungs-Mittelpunkten“; die zunehmende Variabilität an den Grenzen der Verbreitungs-Bezirke; die nähere Verwandtschaft der Arten innerhalb eines engeren Bezirkes; das eigenthümliche Verhältniss der Süsswasser-Bewohner zu den See-Bewohnern, wie der Inselbewohner zu den benachbarten Festlands-Bewohnern; die Differenzen zwischen den Bewohnern der südlichen und nördlichen, wie der östlichen und westlichen Hemisphaere — alle diese wichtigen Erscheinungen erklären sich durch die Descendenz-Theorie als die nothwendigen Wirkungen der natürlichen Züchtung im Kampfe um das Da-

sein, als die mechanischen Folgen wirkender Ursachen. Wenn wir von jener Theorie ausgehend uns ein allgemeines theoretisches Bild von den nothwendigen allgemeinen Folgen der natürlichen Züchtung für die geographische und topographische Verbreitung der Organismen entwerfen wollten, so würden die Umrisse dieses Bildes vollständig mit den Umrissen des chorologischen Bildes zusammenfallen, welches uns die empirische Beobachtung liefert.

Wir finden also, dass die thatsächlich existirenden Beziehungen der Organismen zur Aussenwelt, wie sie sich in der gesammten Summe der oecologischen und chorologischen Verhältnisse aussprechen, durch die Descendenz-Theorie als die nothwendigen Folgen mechanischer Ursachen erklärt werden, während sie ohne dieselbe vollkommen unerklärt bleiben, und wir erblicken in dieser Erklärung einen starken Stützpfeiler der Descendenz-Theorie selbst.

XII. Die Descendenz-Theorie als Fundament der organischen Morphologie.

Die Selections-Theorie und die durch sie causal begründete Descendenz-Theorie sind physiologische Theorieen, welche für die Morphologie der Organismen das unentbehrliche Fundament bilden. Die Darstellung der beiden Theorieen, welche wir in den vorhergehenden Abschnitten gegeben haben, hielten wir für unerlässlich, weil wir in denselben — und nur in ihnen allein! — den Schlüssel zum monistischen Verständniss der Entwickelungsgeschichte, und dadurch zur gesammten Morphologie der Organismen überhaupt finden. Die unermessliche Bedeutung jener Theorieen liegt nach unserer Ansicht darin, dass sie die gesammten Erscheinungen der Biologie, und ganz besonders der Morphologie der Organismen, monistisch, d. h. mechanisch erklären, indem sie dieselben als die nothwendigen Folgen wirkender Ursachen nachweisen. Die beiden physiologischen Functionen der Anpassung, welche mit der Ernährung, und der Vererbung, welche mit der Fortpflanzung zusammenhängt, genügen, um durch ihre mechanische Wechselwirkung in dem allgemeinen Kampfe um das Dasein die ganze Mannichfaltigkeit der organischen Natur hervorzubringen, welche die entgegengesetzte dualistische Weltansicht nur als das künstliche Product eines zweckmässig thätigen Schöpfers betrachtet, und somit nicht erklärt. Bei den vielfachen Missverständnissen, welche in dieser Hinsicht über die Bedeutung der Selections-Theorie und der Descendenz-Theorie herrschen, und bei der falschen Beurtheilung, welche dieselben in so weiten Kreisen gefunden haben, erscheint es passend, das Verhältniss

der beiden Theorieen zu einander, zur Entwickelungsgeschichte und dadurch zur gesammten Morphologie der Organismen nochmals ausdrücklich hervorzuheben.

Die Selections-Theorie von Darwin ist die causale Begründung der von Goethe und Lamarck aufgestellten Descendenz-Theorie. Die erstere zeigt uns, warum die unendlich mannichfaltigen Organismen-Arten sich in der Weise aus gemeinsamen Stammformen durch Umbildung und Divergenz entwickeln, wie es die Descendenz-Theorie behauptet hatte. Wir selbst haben gezeigt, wie die beiden formenden Bildungstriebe, welche Darwin als die beiden Factoren der Selection nachwies, Vererbung und Anpassung, keine besonderen, unbekannten und räthselhaften Naturkräfte, sondern einfache und nothwendige Eigenschaften der organischen Materie, mechanisch erklärbare physiologische Functionen sind. Es ist möglich, dass neben der natürlichen Züchtung auch andere ähnliche mechanische Verhältnisse in der organischen Natur werden entdeckt werden, welche bei der Umwandlung der Species mit wirksam sind. Indessen erscheint uns die natürliche Züchtung vollkommen ausreichend, um die Entstehung der Species auf mechanischem Wege zu erklären.

Die Descendenz-Theorie ist die causale Begründung der Entwickelungsgeschichte, und dadurch der gesammten Morphologie der Organismen. Wie wir zu dieser höchst wichtigen Erkenntniss gelangt sind, haben die vorhergehenden Capitel gezeigt, und werden die folgenden noch weiter erläutern. Hier wollen wir nur als besonders wichtig nochmals hervorheben, dass der Grundgedanke der Descendenz-Theorie, die gemeinsame Abstammung der „verwandten" Organismen von einfachsten Stammeltern, der einzige Gedanke ist, welcher überhaupt die Entwickelung der Organismen und dadurch ihre gesammten Form-Verhältnisse mechanisch erklärt. Es giebt keine andere Theorie und es ist auch keine andere Theorie denkbar, welche uns die gesammten Form-Verhältnisse der Organismen erklärt. Hierin finden wir einen Unterschied zwischen der Descendenz-Theorie und der Selections-Theorie. Die Descendenz-Theorie steht nach unserer Ansicht als einzig mögliche unerschütterlich fest und kann durch keine andere ersetzt werden. Es giebt keine andere Erklärung für die morphologischen Erscheinungen, als die wirkliche Blutsverwandtschaft der Organismen. Eine Vervollkommnung der Descendenz-Theorie kann daher nur insofern stattfinden, als die Abstammung der einzelnen Organismen-Gruppen von gemeinsamen Stammformen im Einzelnen näher bestimmt, und die Zahl und Beschaffenheit der letzteren ermittelt wird. Dagegen kann die Selections-Theorie, wie bemerkt, wohl dadurch noch ergänzt werden, dass neben der natürlichen Züchtung

andere mechanische Verhältnisse entdeckt werden, welche in ähnlicher Weise die Umbildung der Arten bewirken oder doch befördern helfen.

Die der Descendenz-Theorie entgegengesetzte dualistische Behauptung, dass jede Art oder Species unabhängig von den verwandten entstanden sei, und dass die Formen-Verwandtschaft der ähnlichen Arten keine Blutsverwandtschaft sei, ist ein unwissenschaftliches Dogma, und als solches keiner Widerlegung bedürftig. Es erscheint daher hier keineswegs angemessen, noch weiter auf dieses ganz unhaltbare Dogma einzugehen und die absurden Consequenzen, zu denen dasselbe nothwendig führt, hervorzuheben. Nur das wollen wir hier noch bemerken, dass gerade in dieser Absurdität und vollständigen Grundlosigkeit des Species-Dogma und der damit zusammenhängenden Schöpfungs-Hypothesen seine innere Stärke liegt. Die Culturgeschichte der Menschheit, und ganz besonders die Religionsgeschichte zeigt uns auf jeder Seite, dass willkürlich ersonnene Dogmen um so fester und tiefer wurzeln, um so sicherer und allgemeiner geglaubt werden, je unbegreiflicher sie sind, und je mehr sie sich einer wissenschaftlichen Begründung entziehen. Es fehlt dann der gemeinschaftliche Boden, auf welchem der Kampf zwischen Beiden entschieden werden könnte. Zugleich finden alle solche Dogmen eine kräftige Stütze in der Trägheit des Denkvermögens bei den meisten Menschen. Die grosse Mehrheit scheut sich, anstrengenden Gedanken über den tieferen Causalnexus der Erscheinungen nachzuhängen und ist froh, wenn ein aus der Luft gegriffenes Dogma sie dieser Anstrengungen überhebt. Dies gilt ganz besonders von den organischen Morphologen, welche von jeher in dieser Beziehung sich vor allen anderen Naturforschern ausgezeichnet haben. Natürlich liegt dies nicht an den Personen, sondern an der Sache selbst. Die Beschäftigung mit der unendlichen Fülle, Mannichfaltigkeit und Schönheit der organischen Formen, sättigt so sehr den Anschauungstrieb (Naturgenuss) der organischen Morphologen, dass darüber der höhere Erkenntnisstrieb meistens nicht zur Entwickelung kömmt. Man begnügt sich mit der Kenntniss der Formen, statt nach ihrer Erkenntniss zu streben. Der heitere Formen-Genuss tritt an die Stelle des ernsten Formen-Verständnisses. Hieraus und aus der mangelhaften philosophischen Bildung der meisten Morphologen erklärt sich genügend ihr Abscheu gegen den wissenschaftlichen Ernst der Descendenz-Theorie, und ihre Vorliebe für das sinnlose Species-Dogma. Die Annahme einer selbstständigen Erschaffung constanter Species und die damit zusammenhängenden dualistisch-teleologischen Vorstellungen wenden sich an transcendentale, vollkommen unbegreifliche, unerklärliche und unerforschliche Kräfte und Processe, und entfernen sich somit gänzlich von dem empirischen Boden der Wissenschaft.

Die Descendenz-Theorie und die Selections-Theorie sind keine willkührlichen Hypothesen, sondern vollberechtigte Theorieen. Nicht allein die verblendeten und unverständigen Gegner derselben, sondern auch manche treffliche und verständige Anhänger derselben nennen die Descendenz-Theorie eine Hypothese [1]). Diese Bezeichnung müssen wir entschieden verwerfen. Die Descendenz-Theorie behauptet keine Vorgänge, welche nicht empirisch festgestellt sind, sondern sie verallgemeinert nur die Resultate zahlloser übereinstimmender empirischer Beobachtungen und zieht daraus einen mächtigen Inductions-Schluss, welcher so sicher steht, wie jede andere wohl begründete Induction. Eine solche Induction ist aber keine blosse Hypothese, sondern eine vollberechtigte Theorie. Sie verbindet die Fülle aller bekannten Erscheinungen in der organischen Formen-Welt durch einen einzigen erklärenden Gedanken, welcher keiner einzigen bekannten Thatsache widerspricht. Eine Hypothese, wenngleich eine nothwendige, und zugleich eine Hypothese, welche die Schlusskette der gesammten Descendenz-Theorie vervollständigt, ist unsere Annahme der Autogonie, welche im sechsten Capitel des zweiten Buches von uns begründet worden ist. Wir bedürfen dieser Hypothese durchaus, um die einzige Lücke noch auszufüllen, welche die Descendenz-Theorie in dem mechanischen Gebäude der monistischen Morphologie gelassen hat. Wir können nicht zweifeln, dass zu irgend einer Zeit des Erdenlebens Moneren durch Autogonie entstanden sind. Indessen bleibt die Autogonie (und ebenso die Plasmogonie, als die andere Form der Archigonie), eine reine Hypothese, weil wir darin einen Naturprocess, den Uebergang lebloser Materie in belebten Stoff, annehmen, welcher bis jetzt noch durch keine sichere Beobachtung eine empirische Begründung erhalten hat.

---

1) In einer der neuesten, so eben erschienenen Kritiken des „Darwinismus" (Preussische Jahrbücher, 1866, p. 272 und 404) verurtheilt Jürgen Bona Meyer denselben, weil er eine „schlechte Hypothese" ist. Wir verweisen auf diese Kritik besonders desshalb, weil sie zeigt, wie gänzlich schief jede philosophische Beurtheilung der Descendenz-Theorie ausfallen muss, die sich nicht auf gründliche empirische Kenntnisse auf dem gesammten Gebiete der organischen Morphologie stützt. Fast alle Thatsachen, die der Verfasser anführt, kennt er nur halb und oberflächlich, und kann daher auch aus ihrer Verknüpfung nur ein ganz schiefes Bild gewinnen. Der Verfasser besitzt, wie er in seiner trefflichen Schrift über die „Thierkunde des Aristoteles" gezeigt hat, weit umfassendere morphologische und speciell zoologische Kenntnisse, als sie sonst bei speculativen Philosophen zu finden sind. Wenn er trotzdem zu einer so gänzlich verfehlten Auffassung, oder vielmehr zu gar keinem Verständniss der Descendenz-Theorie gelangt ist, zeigt er nur, dass jene Kenntnisse nicht gründlich sind. Um so weniger dürfen wir uns wundern, in den hohlen Kritiken, welche andere, aller empirischen Basis entbehrende Philosophen gegen den „Darwinismus", diese „schlechte Hypothese" (!), geschleudert haben, den erheiterndsten Unsinn und die unglaublichsten Proben von Unkenntniss der realen Natur zu finden.

Ganz anders verhält es sich mit der Descendenz-Theorie und der Selections-Theorie, welche sich in jedem Punkte auf eine Fülle von empirischen Erfahrungen stützen, und für welche die gesammte Morphologie der Organismen, sobald man ihre Thatsachen-Ketten objectiv beurtheilt und richtig verknüpft, eine einzige zusammenhängende Beweiskette herstellt. Daher wissen auch die kenntnissreicheren Morphologen, welche Gegner derselben sind, keine Thatsache gegen dieselbe vorzubringen, sondern nur Einwürfe, welche theils Ausflüsse blinden Autoritäten-Glaubens, theils consequente Folgen einer falschen dualistisch-teleologischen Gesammtauffassung der organischen Natur sind [1]).

Die Selections-Theorie Darwin's bedarf zu ihrer vollen Gültigkeit keine weiteren Beweise. Sie stützt sich auf allgemein anerkannte physiologische Processe, die sich gleich allen anderen auf mechanische Ursachen zurückführen lassen. Wer überhaupt

---

1) Eine vergleichende Zusammenstellung der verschiedenen antidarwinistischen Urtheile ergiebt eben so erheiternde als belehrende Resultate. Doch können wir hier nicht näher auf dieselben eingehen und versparen uns dies auf eine andere Gelegenheit. Auf der einen Seite finden wir bei ausgebildetem Verstande und gesunder Urtheilsfähigkeit grosse Unkenntniss der Thatsachen, auf der anderen Seite bei reicher Kenntniss derselben völlige Unfähigkeit, sie richtig zu beurtheilen und aus ihrer Verknüpfung allgemeine Schlüsse zu ziehen. Sehr oft endlich sind sowohl Thatsachen-Kenntniss als Urtheilsfähigkeit vorhanden; aber Vorurtheile, die seit vielen Generationen ererbt, und durch lange Vererbung befestigt sind, hindern die Entwickelung einer vernünftigen Erkenntniss. Die ausserordentliche Stärke, welche der Autoritäts-Glaube an das gelehrte Dogma besitzt, zeigt sich hier in seiner ganzen Macht. Da der Verstand nichts gegen Darwin und seine Lehre auszurichten vermag, so appellirt das autoritätsbedürftige Gefühl an den „Glauben", und an die „allgemeine Meinung der Menschheit von Alters her". Für letzteres nur ein Beispiel. Einer der eifrigsten Gegner Darwins, Keferstein, Professor der Zoologie (nicht der Theologie!) in Göttingen, äussert sich in den „Göttinger gelehrten Anzeigen" (1861, p. 1875 und 1862, p. 198) folgendermaassen über die „neuerdings von Darwin ausgesprochenen Ansichten, welche bei allgemeiner Theilnahme und dem grössten Aufsehen jetzt von Einigen als eine besondere Lehre der Naturwissenschaften (!) unter dem Namen Darwinismus betrachtet werden, und selbst in Deutschland nicht ohne Anhänger zu sein scheinen (!)": — „Es erfüllt den strebenden Naturforscher mit Beruhigung, einen Mann wie Agassiz, durch die grossartigsten Arbeiten in der Zoologie zur Autorität (!) geworden, eine Lehre unbedingt verwerfen zu sehen, die den Jahrhunderte langen Fleiss der Systematiker auf einmal zu Schanden machen wollte (!!), und zu sehen, dass also die durch Generationen ausgebildeten Ansichten und zugleich die allgemeine Meinung der Menschheit von Alters her (!!) fester stehen, als die, wenn auch mit noch so grosser Beredsamkeit ausgeführten Lehren eines Einzelnen (!)." Wenn wir nicht irren, so war früher auch „die allgemeine Meinung der Menschheit von Alters her," dass die Sonne sich um die Erde drehe, dass die Krankheiten Strafen der Gottheit für die sündigen Menschen, und dass die Petrefacten „Naturspiele", so wie die Walfische Fische seien. Und doch sind diese „durch Generationen ausgebildeten Ansichten" auf den bösen Anfang des Zweifels „eines Einzelnen" hin jetzt wohl ziemlich allgemein verlassen.

eines logischen Schlusses aus anerkannt richtigen Prämissen fähig ist, kann ihr seine Anerkennung nicht vorenthalten. Wie selten aber solche Logik unter den „empirischen“ Naturforschern und unter den scholastischen „Gelehrten“ sind, beweisen am besten die zahlreichen Verdammungs-Urtheile über Darwin's bewunderungswürdiges Werk, die, wie Huxley sehr richtig sagt, „keineswegs das darauf verwendete Papier werth sind.“

Die Descendenz-Theorie Lamarck's und Goethe's bedarf zu ihrer vollen Gültigkeit keine weiteren Beweise. Wer sich auf Grund aller bisherigen Erfahrungen noch nicht von ihrer Wahrheit überzeugen kann, den wird auch keine einzige mögliche weitere „Entdeckung“ davon überzeugen. Abgesehen davon, dass Darwin's Selections-Theorie eine vollkommen ausreichende causal-mechanische Begründung derselben liefert, finden wir die stärksten Beweise für ihre Wahrheit in der gesammten Morphologie und Physiologie der Organismen. Alle uns bekannten Thatsachen dieses Wissenschafts-Gebiets, namentlich alle Erscheinungen der paläontologischen, individuellen und systematischen Entwickelung, sowie die äusserst wichtige dreifache Parallele zwischen diesen drei Entwickelungsreihen, die gesammte Dysteleologie, Oecologie und Chorologie — kurz alle allgemeinen Phänomen-Complexe der organischen Natur sind uns nur durch den einen Grundgedanken der Descendenz-Theorie verständlich und werden durch ihn vollkommen erklärt. Ohne ihn bleiben sie gänzlich unverständlich und unerklärt. Andererseits existirt in der gesammten organischen Natur keine einzige Thatsache, welche mit demselben in unvereinbarem Widerspruch steht. Wir haben also bloss die Wahl zwischen dem völligen Verzicht auf jede wissenschaftliche Erklärung der organischen Natur-Erscheinungen und zwischen der unbedingten Annahme der Descendenz-Theorie.

Zwanzigstes Capitel.

Ontogenetische Thesen.

„Kein Phänomen erklärt sich aus sich selbst; nur viele zusammen überschaut, methodisch geordnet, geben zuletzt etwas, was für Theorie gelten könnte." Goethe.

I. Thesen von der mechanischen Natur der organischen Entwickelung.

1. Die Entwickelung der Organismen ist ein physiologischer Process, welcher als solcher auf mechanischen „wirkenden Ursachen", d. h. auf physikalisch-chemischen Bewegungen beruht[1]).

2. Die Bewegungs-Erscheinungen der Materie, welche jeden physiologischen Entwickelungs-Process veranlassen und bewirken, sind in letzter Instanz Anziehungen der Massen-Atome und Abstossungen der Aether-Atome, aus welchen die organische Materie ebenso wie die anorganische zusammengesetzt ist.

1) Indem wir am Schlusse dieses und des folgenden Buches eine Anzahl von allgemeinen Grundsätzen der organischen Entwickelungsgeschichte in Form von „Thesen", zusammenstellen, wiederholen wir, was wir bereits am Eingange des elften Capitels in Betreff unserer morphologischen „Thesen" bemerkt haben (Bd. I, S. 364 Anmerkung): „Wir wollen damit nicht sowohl eine „Gesetzsammlung der organischen Morphologie" begründen, als vielmehr einen Anstoss und Fingerzeig zu einer solchen Begründung geben. Eine Wissenschaft, die noch so sehr in primis cunabulis liegt, wie die Morphologie der Organismen, muss noch bedeutende Metamorphosen durchmachen, ehe sie es wagen kann, für ihre allgemeinen Sätze der Rang von unbedingten, ausnahmslos wirkenden Naturgesetzen in Anspruch zu nehmen. Statt daher das Schlusscapitel jedes unserer vier morphologischen Bücher mit dem mehr versprechenden als leistenden Titel: „Theorieen und Gesetze" zu schmücken, ziehen wir es vor, die Primordien derselben, gemischt mit einigen allgemeinen Regeln, als „Thesen" zusammenzufassen, deren weitere Entwickelung zu Gesetzen wir von unseren Nachfolgern hoffen."

Was speciell die ontogenetischen Thesen des zwanzigsten Capitels betrifft, so heben wir hier nur die wichtigsten allgemeinen Sätze nochmals hervor, da wir im fünften Buche bereits mehr, als es in den übrigen Büchern uns möglich war, eine Anzahl von feststehenden einzelnen Gesetzen formulirt und in bestimmter Form präcisirt haben. In Betreff

3. Die Entwickelung der Organismen äussert sich in einer continuirlichen Kette von Formveränderungen der organischen Materie, welche sämmtlich auf derartige physikalisch-chemische Bewegungen, als auf ihre wirkenden Ursachen zurückzuführen sind.

4. Gleich allen wahrnehmbaren Bewegungs-Erscheinungen in der Natur, also auch gleich allen physiologischen Erscheinungen, welche wir überhaupt kennen, erfolgen auch diejenigen der organischen Entwickelung mit absoluter Nothwendigkeit und sind bedingt durch die ewig constanten Eigenschaften der Materie und die beständige Wechselwirkung ihrer wechselnden Verbindungen.

5. Alle organischen Entwickelungs-Bewegungen gehen unmittelbar und zunächst aus von den labilen und höchst zusammengesetzten Kohlenstoff-Verbindungen der Eiweissgruppe, welche als „Plasma" der Plastiden das active materielle Substrat oder den „Lebensstoff" im Körper aller Organismen bilden.

6. Es existirt weder ein „Ziel", noch ein „Plan" der organischen Entwickelung.

II. Thesen von den physiologischen Functionen der organischen Entwickelung.

7. Die physiologischen Functionen, auf denen ausschliesslich alle organische Entwickelung beruht, lassen sich sämmtlich als Theilerscheinungen auf die allgemeine organische Fundamental-Function der Selbsterhaltung oder der Ernährung im weiteren Sinne zurückführen.

8. Die physiologischen Entwickelungs-Functionen, auf welche sich alle während der Morphogenese eintretenden Formveränderungen, als auf ihre bewirkenden Ursachen zurückführen lassen, sind die fünf Functionen der Zeugung, des Wachsthums, der Verwachsung, der Differenzirung und der Degeneration.

9. Die erste Entwickelungs-Function, die Zeugung (Generatio) oder die Entstehung des morphologischen Individuums, mit welcher jeder organische Entwickelungs-Process beginnt, ist entweder Urzeugung (Archigonia, Generatio spontanea) oder Elternzeugung (Fortpflanzung, Tocogonia, Propagatio, Generatio parentalis), und im letzteren Falle stets mit der Vererbung verknüpft, und als ein Ernährungs-Process aufzufassen, welcher über das individuelle Maass hinausgeht.

---

dieser einzelnen „individuellen Entwickelungs-Gesetze", welche zum grossen Theil übrigens ebenso gut als „phyletische Entwickelungsgesetze" im sechsundzwanzigsten Capitel des sechsten Buches stehen könnten, verweisen wir ausdrücklich auf die einzelnen Abschnitte des vorhergehenden Textes, und vorzüglich des neunzehnten Capitels. Speciell sind zu vergleichen: I. über die Gesetze der (ungeschlechtlichen und geschlechtlichen) Fortpflanzung S. 70, 71; II. über die Gesetze der Differenzirung der Zeugungskreise S. 83, 84; III. über die Gesetze der Vererbung S. 170—190; IV. über die Gesetze der Anpassung S. 192—219; V. über die Gesetze der (natürlichen und künstlichen) Züchtung S. 248.

10. Die zweite Entwickelungs-Function, das Wachsthum (Crescentia), welches als einfaches oder zusammengesetztes Wachsthum jeden organischen Entwickelungs-Process, mindestens in der ersten Zeit, begleitet, ist eine Ernährungs-Erscheinnng, welche mit Volumszunahme des Individuums verbunden ist.

11. Die dritte Entwickelungs-Function, die Differenzirung (Divergentia), welche sich in einer Hervorbildung ungleichartiger Theile aus gleichartiger Grundlage äussert, ist eine Ernährungs-Veränderung, welche durch die Anpassung an die Aussenwelt, d. h. durch die materielle Wechselwirkung der Materie des organischen Individuums mit der umgebenden Materie bedingt ist.

12. Die vierte Entwickelungs-Function, die Entbildung (Degeneration), welche zuletzt stets das Ende der individuellen Entwickelung herbeiführt, ist eine Ernährungs-Veränderung, welche mit Abnahme der physiologischen Functionen verbunden ist.

13. Die fünfte Entwickelungs-Function, die Verwachsung (Concrescentia) welche gleich den vorigen die morphologischen Individuen aller sechs Ordnungen betreffen kann, besteht in einer secundären Verbindung von mehreren vorher getrennten Individuen einer und derselben morphologischen Ordnung, durch welche ein neues Individuum nächst höherer Ordnung entsteht [1]).

III. Thesen von den organischen Bildungstrieben.

14. Die Formveränderungen, welche die organische Materie während ihrer Entwickelung durchläuft, sind das Resultat der Wechselwirkung zweier entgegengesetzter Bildungstriebe oder Gestaltungskräfte, eines inneren und eines äusseren Bildungstriebes [2]).

15. Der innere Bildungstrieb oder die innere Gestaltungskraft (Vis plastica interna) ist die unmittelbare Folge der materiellen Zusammensetzung des Organismus, und daher mit der Erblichkeit (Atavismus) identisch.

16. Der äussere Bildungstrieb oder die äussere Gestaltungskraft (Vis plastica externa) ist die unmittelbare Folge der Abhängigkeit, in

---

1) In der Charakteristik der Entwickelungs-Functionen, welche wir im siebzehnten Capitel (p. 72) gaben, haben wir bloss die vier erstgenannten als die wichtigsten Functionen der Ontogenese angeführt. Wir schliessen hier die weniger wichtige und weniger bekannte Function der Concrescenz oder Verwachsung als eine fünfte denselben an, um die Aufmerksamkeit auf diesen interessanten Entwickelungs-Vorgang mehr hinzulenken. Vergl. darüber S. 147 Anmerkung.

2) Vergl. über die Natur der beiden Bildungstriebe, welche nicht allein bei der Entstehung jedes individuellen Organismus, sondern auch bei der Entstehung jeder individuellen anorganischen Form wirksam sind, das fünfte Capitel, woselbst wir die beiden entgegenwirkenden Gestaltungskräfte als das nothwendige Resultat der allgemeinen Wechselwirkung der gesammten Materie nachgewiesen haben (Bd. I, S. 154 ff.).

welcher die materielle Zusammensetzung des Organismus von derjenigen der umgebenden Materie (der Aussenwelt) steht, und daher mit der Anpassungsfähigkeit (Variabilitas) identisch.

17. Die beiden fundamentalen Bildungstriebe, welche durch ihre beständige Wechselwirkung die jeden organischen Entwickelungs-Process begleitenden Form-Veränderungen bedingen, sind demnach nicht verschieden von den oben angeführten Entwickelungs-Functionen, da die Vererbung unmittelbar durch die Fortpflanzung, die Anpassung dagegen unmittelbar durch die Ernährung des Organismus vermittelt wird.

18. Alle Charaktere der Organismen sind entweder ererbte (durch Heredität erhaltene) oder angepasste (durch Adaptation erworbene) Eigenschaften.

19. Die ererbten Eigenschaften (Characteres hereditarii) erhält der Organismus durch Vererbung von seinen Eltern und Voreltern mittelst der Fortpflanzung.

20. Die angepassten Eigenschaften (Characteres adaptati) erwirbt der Organismus entweder unmittelbar durch seine eigene Anpassung oder mittelbar durch Vererbung der Anpassungen seiner Eltern und Voreltern.

21. Die erblichen Charaktere sind in letzter Instanz Wirkungen der materiellen Zusammensetzung der Eiweissverbindungen, welche das Plasma der constituirenden Plastiden bilden, und welche in gewisser Beharrlichkeit durch alle Generationen übertragen werden.

22. Die angepassten Charaktere sind in letzter Instanz die Folgen der Wechselwirkung zwischen den Eiweissverbindungen der Plastiden des Organismus und den damit in Berührung kommenden Materien der Umgebung, welche in allen Generationen eine gewisse Verschiedenheit zeigen.

23. Die erblichen Charaktere zeigen sich vorzugsweise in der Bildung morphologisch wichtiger, physiologisch dagegen unwichtiger Körpertheile; sie erscheinen daher nur bei blutsverwandten Organismen ähnlich, als Homologieen.

24. Die angepassten Charaktere zeigen sich vorzugsweise in der Bildung physiologisch wichtiger, morphologisch dagegen unwichtiger Körpertheile; sie erscheinen daher auch bei nicht blutsverwandten Organismen ähnlich, als Analogieen.

25. Im Laufe der individuellen Entwickelung treten die erblichen Charaktere im Ganzen früher als die angepassten auf, und je früher ein bestimmter Charakter in der Ontogenese auftritt, desto weiter liegt die Zeit zurück, in welcher er von den Vorfahren erworben wurde, und desto bedeutender ist sein morphologischer Werth.

26. Für die Erkenntniss der Blutsverwandtschaft verschiedener

Organismen haben nur die erblichen oder homologen Charaktere, nicht die angepassten oder analogen Charaktere Bedeutung.

IV. Thesen von den ontogenetischen Stadien.

27. Die Ontogenesis oder biontische Entwickelung, d. h. die Entwickelung jedes Bionten oder physiologischen Individuums ist ein physiologischer Process von bestimmter Zeitdauer.

28. Die Zeitdauer der individuellen Entwickelung jedes Bionten wird durch die Gesetze der Vererbung und Anpassung bestimmt, und ist lediglich das Resultat der Wechselwirkung dieser beiden physiologischen Factoren.

29. In dem zeitlichen Verlaufe der individuellen Entwickelung lassen sich allgemein drei verschiedene Abschnitte oder Stadien unterscheiden, welche mehr oder minder deutlich von einander sich absetzen.

30. Jedes Stadium der individuellen Entwickelung ist durch einen bestimmten physiologischen Entwickelungs-Process charakterisirt, welcher in demselben zwar nicht ausschliesslich, aber doch vorwiegend wirksam ist.

31. Das erste Stadium der biontischen Entwickelung, das Jugendalter oder die Aufbildungszeit, Anaplasis, ist durch das Wachsthum des Individuums charakterisirt.

32. Das zweite Stadium der biontischen Entwickelung, das Reifealter oder die Umbildungszeit, Metaplasis, ist durch die Differenzirung des Individuums charakterisirt.

33. Das dritte Stadium der biontischen Entwickelung, das Greisenalter oder die Rückbildungszeit, Cataplasis, ist durch die Degeneration des Individuums charakterisirt.

V. Thesen von den drei genealogischen Individualitäten.

34. Da die Lebensdauer der organischen Individuen eine beschränkte ist, die durch sie repräsentirte bestimmte organische Form (Art) aber sich durch die Fortpflanzung der Individuen erhält, so müssen wir bei Betrachtung der organischen Entwickelung unterscheiden zwischen derjenigen der Bionten und derjenigen der Arten.

35. Die individuelle oder biontische Entwickelung (Ontogenesis) umfasst die gesammte Reihe der Formveränderungen, welche das physiologische Individuum (Bion) und der durch eines oder mehrere verschiedene Bionten repräsentirte Zeugungskreis (Cyclus generationis) während der ganzen Zeit seiner individuellen Existenz durchläuft.

36. Die paläontologische oder phyletische Entwickelung (Phylogenesis) umfasst die gesammte Reihe der Formveränderungen, welche die Art (Species) und der durch eine oder mehrere verschiedene Ar-

ten repräsentirte Stamm (Phylum) während der ganzen Zeit seiner individuellen Existenz durchläuft.

37. Der Zeugungskreis (Cyclus generationis) bildet entweder als Spaltungskreis (Cyclus monogenes) oder als Eikreis (Cyclus amphigenes) die genealogische Individualität erster Ordnung.

38. Die Art (Species) bildet als die Summe aller gleichen Zeugungskreise die genealogische Individualität zweiter Ordnung.

39. Der Stamm (Phylum) bildet als die Summe aller blutsverwandten Arten die genealogische Individualität dritter Ordnung.

VI. Thesen von dem Causalnexus der biontischen und der phyletischen Entwickelung.

40. Die Ontogenesis oder die Entwickelung der organischen Individuen, als die Reihe von Formveränderungen, welche jeder individuelle Organismus während der gesammten Zeit seiner individuellen Existenz durchläuft, ist unmittelbar bedingt durch die Phylogenesis oder die Entwickelung des organischen Stammes (Phylon), zu welchem derselbe gehört.

41. Die Ontogenesis ist die kurze und schnelle Recapitulation der Phylogenesis, bedingt durch die physiologischen Functionen der Vererbung (Fortpflanzung) und Anpassung (Ernährung).

42. Das organische Individuum (als morphologisches Individuum erster bis sechster Ordnung) wiederholt während des raschen und kurzen Laufes seiner individuellen Entwickelung die wichtigsten von denjenigen Formveränderungen, welche seine Voreltern während des langsamen und langen Laufes ihrer paläontologischen Entwickelung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung durchlaufen haben.

43. Die vollständige und getreue Wiederholung der phyletischen durch die biontische Entwickelung wird verwischt und abgekürzt durch secundäre Zusammenziehung, indem die Ontogenese einen immer geraderen Weg einschlägt; daher ist die Wiederholung um so vollständiger, je länger die Reihe der successiv durchlaufenen Jugendzustände ist.

44. Die vollständige und getreue Wiederholung der phyletischen durch die biontische Entwickelung wird gefälscht und abgeändert durch secundäre Anpassung, indem sich das Bion während seiner individuellen Entwickelung neuen Verhältnissen anpasst; daher ist die Wiederholung um so getreuer, je gleichartiger die Existenzbedingungen sind, unter denen sich das Bion und seine Vorfahren entwickelt haben.

Sechstes Buch.

Zweiter Theil der allgemeinen Entwickelungsgeschichte.

Generelle Phylogenie

oder

Allgemeine Entwickelungsgeschichte der organischen Stämme.

(Genealogie und Paläontologie.)

„Die Kenntniss der organischen Naturen überhaupt, die Kenntniss der vollkommneren, welche wir im eigentlichen Sinne Thiere und besonders Säugethiere nennen, der Einblick, wie die allgemeinen Gesetze bei verschieden beschränkten Naturen wirksam sind, die Einsicht zuletzt, wie der Mensch dergestalt gebaut sei, dass er so viele Eigenschaften und Naturen in sich vereinige und dadurch auch schon physisch als eine kleine Welt, als ein Repräsentant der übrigen Thiergattungen existire — alles dieses kann nur dann am deutlichsten und schönsten eingesehen werden, wenn wir nicht, wie bisher leider nur zu oft geschehen, unsere Betrachtungen von oben herab anstellen und den Menschen im Thiere suchen, sondern wenn wir von unten herauf anfangen und das einfachere Thier im zusammengesetzten Menschen endlich wieder entdecken.

„Es ist hierin schon unglaublich viel gethan; allein es liegt so zerstreut, so manche falsche Bemerkungen und Folgerungen verdüstern die wahren und echten, täglich kommt zu diesem Chaos wieder neues Wahre und Falsche hinzu, so dass weder des Menschen Kräfte, noch sein Leben hinreichen, Alles zu sondern und zu ordnen, wenn wir nicht den Weg, den uns die Naturhistoriker nur äusserlich vorgezeichnet, auch bei der Zergliederung verfolgen, und es möglich machen, das Einzelne in übersehbarer Ordnung zu erkennen, um das Ganze nach Gesetzen, die unserem Geiste gemäss sind, zusammen zu bilden.

„Man wendete auch hier, wie in anderen Wissenschaften, nicht genug geläuterte Vorstellungsarten an. Nahm die eine Partei die Gegenstände ganz gemein und hielt sich ohne Nachdenken an den blossen Augenschein, so eilte die andere, sich durch Annahme von Endursachen aus der Verlegenheit zu helfen; und wenn man auf jene Weise niemals zum Begriff eines lebendigen Wesens gelangen konnte, so entfernte man sich auf diesem Wege von eben dem Begriffe, dem man sich zu nähern glaubte.

„Ebenso viel und auf gleiche Weise hinderte die fromme Vorstellungsart, da man die Erscheinungen der organischen Welt zur Ehre Gottes unmittelbar deuten und anwenden wollte.

„Sollte es denn aber unmöglich sein, da wir einmal anerkennen, dass die schaffende Gewalt nach einem allgemeinen Schema die vollkommneren organischen Naturen erzeugt und entwickelt, dieses Urbild, wo nicht den Sinnen, doch dem Geiste darzustellen? Hat man aber die Idee von diesem Typus gefasst, so wird man erst recht einsehen, wie unmöglich es sei, eine einzelne Gattung als Kanon aufzustellen. Das Einzelne kann kein Muster vom Ganzen sein, und so dürfen wir das Muster für Alle nicht im Einzelnen suchen. Die Classen, Gattungen, Arten und Individuen verhalten sich wie die Fälle zum Gesetz; sie sind darin enthalten, aber sie enthalten und geben es nicht.“

Goethe (1796).

Einundzwanzigstes Capitel.

Begriff und Aufgabe der Phylogenie.

> „Eine innere und ursprüngliche Gemeinschaft liegt aller Organisation zu Grunde; die Verschiedenheit der Gestalten dagegen entspringt aus den nothwendigen Beziehungsverhältnissen zur Aussenwelt, und man darf daher eine ursprüngliche, gleichzeitige Verschiedenheit und eine unaufhaltsam fortschreitende Umbildung mit Recht annehmen, um die eben so constanten als abweichenden Erscheinungen begreifen zu können."
>
> Goethe (1824).

I. Die Phylogenie als Entwickelungsgeschichte der Stämme.

Die Phylogenie oder Entwickelungsgeschichte der organischen Stämme ist die gesammte Wissenschaft von den Formveränderungen, welche die Phylen oder organischen Stämme während der ganzen Zeit ihrer individuellen Existenz durchlaufen, von dem Wechsel also der Arten oder Species, welche als successive und coexistente blutsverwandte Glieder jeden Stamm zusammensetzen. Die Aufgabe der Phylogenie ist mithin die Erkenntniss und die Erklärung der specifischen Formveränderungen, d. h. die Feststellung der bestimmten Naturgesetze, nach welchen alle verschiedenen organischen Arten oder Species entstehen, welche als divergente Nachkommen einer einzigen, gemeinsamen, autogonen Urform ein einziges Phylon constituiren.

Begriff und Aufgabe der Phylogenie im Allgemeinen haben wir bereits im ersten Buche (Bd. I, S. 57) festgestellt, wo wir als organischen Stamm oder Phylon „die Summe aller Organismen bezeichneten, welche von einer und derselben einfachsten, spontan entstandenen Stammform ihren gemeinschaftlichen Ursprung ableiten". Die Gesammtheit aller biologischen Erscheinungen führt uns, wenn wir sie von dem allgemeinen und vergleichenden Standpunkte aus richtig würdigen, mit

zwingender Nothwendigkeit zu dem inductiven Schlusse, dass alle die unendlich mannichfaltigen Formen von Thieren, Protisten und Pflanzen, welche wir als ausgestorbene oder noch lebende Arten unterscheiden, die allmählich veränderten und umgeformten Nachkommen einer sehr geringen Anzahl (vielleicht einer einzigen) autogoner Stammformen sind. Diese Stammformen können wir uns nur als Organismen der einfachsten Art, als structurlose homogene Eiweissklumpen oder Moneren denken, gleich den Protogeniden oder Protamoeben. Durch sehr langsame und allmähliche Form-Veränderungen, welche durch die physiologischen Gesetze der Vererbung und Anpassung geregelt wurden, entwickelten sich aus ihnen innerhalb unermesslich langer Zeiträume die äusserst vollkommen organisirten Wesen, welche wir jetzt in den höchsten Ausbildungsstufen des Thier- und Pflanzenreichs bewundern. Wie dieser Grundgedanke der Descendenz-Theorie durch physiologische Erwägungen vollständig begründet, wie er aus ihnen als nothwendig nachgewiesen werden kann, haben wir in der vorhergehenden Darstellung von Darwin's Selections-Theorie gezeigt. Die beiden physiologischen Functionen der Vererbung und der Anpassung, jene auf die Fortpflanzung, diese auf die Ernährung als Fundamental-Function gestützt, reichen in ihrer beständigen und mächtigen Wechselwirkung vollständig aus, um unter den gegebenen irdischen Existenz-Bedingungen die unendliche Mannichfaltigkeit der organischen Formen hervorzubringen. In langsamem, aber ununterbrochenem Wechsel folgen Arten auf Arten, und so bietet die gesammte organische Bevölkerung der Erde zu allen Zeiten einen verschiedenen Anblick dar. Doch kann die richtige Einsicht in diese beständige Formen-Veränderung der organischen Welt nur durch allgemeine Vergleichung aller grossen Erscheinungsreihen derselben gewonnen werden. In jedem einzelnen Zeitmoment betrachtet, erscheint uns die Gesammtheit der lebendigen Bevölkerung der Erde nicht als eine derartige Kette wechselnder und vergänglicher Formen, sondern als Complex einer bestimmten Anzahl von stabilen und von einander unabhängigen Organisations-Formen, welche wir als verschiedene Arten oder Species zu unterscheiden gewohnt sind.

Wenn wir also auch allgemein und mit Recht als die Aufgabe der **Phylogenie** die **Entwickelungsgeschichte der organischen Stämme oder Phylen** bezeichnen können, so wird dennoch der reale Inhalt dieser Disciplin eigentlich die concrete **Entwickelungsgeschichte der Arten oder Species** sein. Denn die sogenannten Arten oder Species der Organismen setzen in ähnlicher Weise die höhere Individualität des Stammes zusammen, wie sie selbst aus der niederen Individualität des Zeugungskreises oder Generations-Cyclus zusammengesetzt sind. Wie wir oben (S. 30) zeigten, stehen diese drei subordinirten Individualitäten, der Generations-Cyclus, die Species

und das Phylon, in einem ähnlichen Verhältniss zu einander, wie die verschiedenen, im neunten Capitel festgestellten Kategorieen der morphologischen Individualität. Jedes Phylon ist eine Vielheit von blutsverwandten Species und jede Species ist eine Vielheit von gleichen oder vielmehr höchst ähnlichen Zeugungskreisen. Wir konnten daher dieselben als drei verschiedene Ordnungen oder Kategorieen der genealogischen Individualität, oder als drei subordinirte Entwickelungs-Einheiten folgendermaassen über einander stellen: I. Der Zeugungskreis *(Cyclus generationis)* ist die erste und niedrigste Stufe, II. die Art *(Species)* ist die zweite und mittlere Stufe, III. der Stamm *(Phylum)* ist die dritte und höchste Stufe der genealogischen Individualität.

Die Phylogenie, als die Entwickelungsgeschichte der Stämme, verhält sich demnach zur genealogischen Systematik, oder der Entwickelungsgeschichte der Arten ganz analog, wie die Entwickelungsgeschichte der physiologischen Individuen zu derjenigen der morphologischen Individuen. Wie das physiologische Individuum während verschiedener Perioden seiner individuellen Existenz durch eine wechselnde Anzahl von morphologischen Individuen verschiedener Ordnung repräsentirt wird, so wird gleicherweise das Phylon während verschiedener Zeiten seiner individuellen Existenz durch eine wechselnde Anzahl von verschiedenen Species dargestellt, welche sich nach dem Grade ihres genealogischen Zusammenhanges in die verschiedenen Ordnungsstufen oder Kategorieen des Systems neben und über einander ordnen lassen. Die concrete Aufgabe der Phylogenie wird also zunächst die Entwickelungsgeschichte der einzelnen blutsverwandten Arten oder Species sein, und erst aus deren richtiger Erkenntniss und vergleichenden Synthese ergiebt sich dann weiterhin als das höhere und höchste Ziel der genealogische Zusammenhang der verschiedenen Arten im natürlichen System, oder die wirklich zusammenhängende Entwickelungsgeschichte der Stämme.

II. Palaeontologie und Genealogie.

Der innige und allgemeine Zusammenhang, welcher zwischen der Phylogenie und der Ontogenie besteht, ist von uns bereits im fünften Buche auf das entschiedenste hervorgehoben worden. Wir erblicken in diesem unlösbaren Zusammenhange, in der gegenseitigen Erläuterung der Phylogenie und der Ontogenie, in ihrem durch die Descendenz-Theorie erklärten Causalnexus, die wissenschaftliche Grundlage der gesammten Entwickelungsgeschichte, und dadurch zugleich der gesammten Morphologie. Diese äusserst wichtige Wechselbeziehung zwischen der Entwickelungsgeschichte der organischen Individuen und der

organischen Stämme bewog uns im achtzehnten Capitel, am Schlusse jedes Abschnitts unser „Ceterum censeo“ folgen zu lassen: „Alle Erscheinungen, welche die individuelle Entwickelung der Organismen begleiten, erklären sich lediglich aus der paläontologischen Entwickelung ihrer Vorfahren. Die gesammte Ontogenie der Organismen ist eine kurze Recapitulation ihrer Phylogenie.“

Dieses Gesetz halten wir für so äusserst wichtig, dass wir dasselbe nicht genug glauben hervorheben zu können; denn ohne die Phylogenie bleibt uns die Ontogenie ein unverstandenes Räthsel. Wenn wir dagegen das causale Verständniss der Phylogenie durch die Descendenz-Theorie gewonnen haben, so erklärt sich uns daraus die Ontogenie eben so einfach, als harmonisch. Andererseits bedürfen wir der Ontogenie auf das dringendste, um die Phylogenie richtig zu würdigen. Dieses Verhältniss ist vorzüglich in dem Umstande begründet, dass unsere empirischen Kenntnisse in der Entwickelungsgeschichte der Individuen weit umfassender und vollständiger sind, als in derjenigen der Stämme. Fast das einzige unmittelbare empirische Material, welches der letzteren zu Grunde liegt, liefert uns die Paläontologie. Dieses Material ist aber nicht im entferntesten zu vergleichen mit demjenigen, welches uns für die Ontogenie zu Gebote steht; vielmehr ist dasselbe im höchsten Grade lückenhaft und unvollständig.

In der individuellen oder biontischen Entwickelungsgeschichte können wir, wenigstens in sehr vielen Fällen, unmittelbar und Schritt für Schritt mit unseren Augen die Form-Veränderungen verfolgen, welche das physiologische Individuum während der ganzen Zeit seiner Existenz, von seiner Entstehung bis zu seinem Tode durchläuft. Es ist daher nicht zu verwundern, dass selbst sehr gedankenlose Zoologen und Botaniker bisweilen ganz brauchbare biontische Entwickelungsgeschichten von Thieren und Pflanzen schreiben. Es gehört dazu wesentlich nur ein gesundes Auge, ein wenig Geduld und Fleiss, und so viel Verstand, um das unmittelbar Beobachtete getreu wiedergeben zu können.

Unendlich schwieriger gestaltet sich die Aufgabe für die paläontologische oder phyletische Entwickelungsgeschichte. Hier liegt nirgends eine zusammenhängende Kette von Thatsachen vor, welche der glückliche Beobachter einfach aufzunehmen und so darzustellen hat, wie er sie sieht. Niemals ist der continuirliche Zusammenhang zwischen den einzelnen auf einander folgenden Entwickelungs-Stadien so wie in der Embryologie gegeben. Vielmehr findet der Genealoge, welcher es unternimmt, die Entwickelungsgeschichte eines Stammes und der denselben zusammensetzenden Arten darzustellen, in allen Fällen nur höchst unvollständige und vereinzelte Bruchstücke vor, welche es gilt, mit kritischem Blicke — und fast möchten wir sagen: mit rich-

tigem morphologischem Instincte — zusammenzusetzen und daraus das ungefähre Schattenbild des längst entschwundenen Entwickelungs-Vorganges zu reconstruiren. Diese Reconstruction erfordert ebenso umfassende biologische und specielle morphologische Kenntnisse, als allgemeines Verständniss des Zusammenhanges der biologischen Erscheinungen; sie erfordert ebenso die äusserste Vorsicht, als die grösste Kühnheit in der hypothetischen Ergänzung der dürftigen Fragmente, welche die Paläontologie uns liefert. Die Hypothese ist hier, wie in der gesammten Genealogie, nicht bloss das erste Recht, sondern auch die dringendste Pflicht.

Da wir in den unten folgenden Entwürfen der Stammbäume für die einzelnen Phylen zeigen werden, in welcher Weise hier nach unserer Ansicht die Hypothese, die Ergänzung des dürftigen paläontologischen Materials durch das vollständigere embryologische und systematische Material zu handhaben ist, so wollen wir hier nur im Allgemeinen ausdrücklich darauf hinweisen, welche gewaltige Kluft in dieser Beziehung zwischen der Phylogenie und der Ontogenie herrscht. Diese Kluft ist in der That so gross, dass darüber der innige Zusammenhang dieser beiden nächst verwandten Wissenschaftszweige von den meisten Biologen bisher entweder ganz übersehen oder doch nicht entfernt in seinem vollen Werthe anerkannt worden ist.

Die paläontologische Entwickelungsgsgeschichte, wie sie bisher behandelt, und in neuerer Zeit auch von einigen hervorragenden Paläontologen im Zusammenhange dargestellt worden ist, bleibt ein vollständig lückenhaftes und zerrissenes Flickwerk, wenn sie sich auf die blossen Thatsachen beschränkt, welche die Paläontologie uns liefert, und wenn sie nicht zu deren Ergänzung den äusserst wichtigen dreifachen Parallelismus benutzt, welcher zwischen der biontischen, der phyletischen und der systematischen Entwickelungsreihe besteht [1]). Diese Ergänzung durch eben so umfassende und kühne, als vorsichtige und kritische Anwendung der phyletischen Hypothese ist die erste Pflicht der Genealogie oder Stammbaums-Lehre im weiteren Sinne, wie wir auch die gesammte Phylogenie oder phyletische Entwickelungsgeschichte nennen könnten. Wenn wir aber unter Genealogie im engeren Sinne nur den ergänzenden und unentbehrlichen hypothetischen Theil, unter Paläontologie im engeren Sinne dagegen den empirischen, unmittelbar durch die Versteinerungskunde gegebenen Theil der Phylogenie verstehen, so verhält sich die letztere zur ersteren wohl nur selten ungefähr wie Eins zu Tausend, in den allermeisten Fällen wohl

[1]) Welche dürftigen Resultate auch die gründlichsten und sorgfältigsten, und selbst die genauesten statistischen Untersuchungen über die paläontologische Entwickelung liefern, wenn sie sich bloss auf die nackte Synthese des paläontologischen Materials beschränken, zeigen am deutlichsten die trefflichen Arbeiten des verdienstvollen Bronn.

kaum wie Eins zu Hunderttausend oder zur Million. Dennoch ist hier bei Anwendung der nothwendigen Kritik ausserordentlich Viel zu leisten, und vorzüglich auf Grund der Ergänzung der Paläontologie durch die Embryologie und Systematik, eine Reihe der wichtigsten und sichersten Resultate zu erzielen.

Die Phylogenie oder die Entwickelungsgeschichte der organischen Stämme in unserem Sinne ist also eine Wissenschaft, welche sich nur zum allerkleinsten Theile aus dem empirischen Materiale der Paläontologie oder Versteinerungskunde, zum bei weitem grössten Theile aus den ergänzenden Hypothesen der kritischen Genealogie oder Stammbaumskunde zusammensetzt. Die letztere muss sich in erster Linie auf das ergänzende Material der Ontogenie und Systematik, und weiterhin auf eine denkende Benutzung aller allgemeinen Organisations-Gesetze stützen.

III. Kritik des paläontologischen Materials.

Für das richtige Verständniss der Phylogenie ist eine der ersten und nothwendigsten Vorbedingungen die richtige und volle Erkenntniss von dem ausserordentlich hohen Grade der Unvollständigkeit und Lückenhaftigkeit, den das gesammte empirische Material der Paläontologie besitzt. Wir haben schon im Vorhergehenden hervorgehoben, dass der philosophischen Genealogie, welche auf Grund ontogenetischer und systematischer Inductionen den hypothetischen Bau der zusammenhängenden Phylogenie zu errichten hat, ein weit grösserer und umfassenderer Theil der phylogenetischen Aufgabe zufällt, als der empirischen Paläontologie, welche uns nur einzelne isolirte Bruchstücke für den Aufbau derselben zu liefern vermag. Diese Erkentniss ist so höchst wesentlich, dass wir hier kurz die wichtigsten Ursachen der ausserordentlichen Unvollständigkeit des paläontologischen Materials hervorheben müssen. Niemand hat dieselben bisher so richtig gewürdigt, als die beiden grossen Engländer Darwin und Lyell, von denen der erstere dieselbe Reformation auf dem Gebiete der Paläontologie, wie der letztere auf dem der Geologie durchgeführt hat. Darwin hat der „Unvollkommenheit der geologischen Ueberlieferungen“ ein besonderes Capitel seines Werkes (das neunte) gewidmet, auf welches wir hier als besonders wichtig ausdrücklich verweisen [1]).

[1]) Am Schlusse dieses Capitels macht Darwin folgende treffende Vergleichung: „Ich für meinen Theil betrachte (um Lyell's bildlichen Ausdruck durchzuführen), den natürlichen Schöpfungsbericht als eine Geschichte der Erde, unvollständig erhalten und in wechselnden Dialecten geschrieben, wovon aber nur der letzte, bloss auf einige Theile der Erd-Oberfläche sich beziehende Band bis auf uns gekommen ist. Doch auch von diesem Bande ist nur hier und da ein kurzes Capitel erhalten, und von jeder Seite sind

Wenn wir die sämmtlichen Umstände, welche die empirische Paläontologie zu einem so höchst fragmentarischen Stückwerk machen, vergleichend erwägen, so können wir sie in zwei Reihen bringen, von denen die einen ihre Ursache in der Beschaffenheit der Organismen, die anderen in der Beschaffenheit der Umstände haben, unter denen ihre Reste in den neptunischen, aus dem Wasser abgelagerten Erdschichten erhalten werden können. In ersterer Beziehung ist vor Allem zu erwägen, dass in der Regel nur harte und feste Theile, vorzüglich also Skelete, der Erhaltung im fossilen Zustande oder der Petrification fähig waren. Nur verhältnissmässig selten konnten auch von weichen und zarten Theilen der Organismen Abdrücke erhalten werden. Es fehlen daher fast alle erkennbaren Reste von solchen Organismen, die keine Skelete oder harten Theile besassen. Dahin gehören alle autogonen Moneren, welche wir als die ursprünglichen Stammformen sämmtlicher Phylen zu betrachten haben, sowie eine grosse Anzahl zunächst von jenen Autogonen abstammender Generationen; sodann sehr viele Protisten, die meisten Wasserpflanzen, sehr viele niedere Thiere (Medusen, Würmer, Nacktschnecken, Wirbelthiere mit bloss knorpeligem Skelet etc.), endlich alle Embryonen aus der ersten und sehr viele auch aus späterer Entwickelungs-Zeit; sowie überhaupt sehr viele zarte jugendliche Formen, auch von solchen Organismen, die späterhin ein hartes Skelet erhalten. Bei allen diesen Organismen fehlten eigentliche innere oder äussere Skelete, und überhaupt geformte harte Theile, welche der Erhaltung fähig gewesen wären. Aber auch bei den übrigen Organismen, welche solche harte conservationsfähige Theile besitzen, machen dieselben in der Regel nur einen sehr unbedeutenden und oft einen morphologisch sehr werthlosen Theil des ganzen Körpers aus. Am wichtigsten sind in dieser Beziehung diejenigen Wirbelthiere, welche ein verknöchertes inneres Skelet besitzen, ferner die hartschaligen Echinodermen und Crustaceen, sowie die mit Kalkgehäusen versehenen Mollusken. Doch kann man inbesondere bei den letzteren aus der Form der äusseren Schale nur sehr unsichere Schlüsse auf die anatomische Beschaffenheit der Weichtheile ziehen. Von der Beschaffenheit des Nervensystems und des Gefässsystems, sowie der meisten übrigen Organsysteme sagen uns aber jene conservirten Hartgebilde unmittelbar gar nichts, und die Andeutungen, welche wir von ihnen in dieser Beziehung erhalten, sind nur sehr unsicher. Die ganze Summe der wirklich erhaltenen thierischen Reste giebt uns also schon aus die-

nur da und dort einige Zeilen übrig. Jedes Wort der langsam wechselnden Sprache dieser Beschreibung, mehr und weniger verschieden in der unterbrochenen Reihenfolge der einzelnen Abschnitte, mag den anscheinend plötzlich wechselnden Lebensformen entsprechen, welche in den unmittelbar auf einander liegenden Schichten unserer weit von einander getrennten Formationen begraben liegen."

sem Grunde nur ein sehr unsicheres Bild von ihrer vormaligen Gesammt-Organisation. Nicht besser steht es mit den Pflanzen, von denen gerade die morphologisch wichtigsten Theile, die Blüthen, wegen ihrer zarten Structur nur sehr selten und höchst unvollständig in Abdrücken erhalten werden konnten. Die Schlüsse, welche wir hier aus den Abdrücken ganzer Pflanzen, sowie aus den besser conservirten, härteren Theilen (Holzstämmen, Früchten) ziehen können, ersetzen jenen Mangel nur in sehr beschränktem Maasse.

Höchst ungleichmässig sind ferner die Bedingungen der Conservation je nach dem verschiedenen Wohnorte der Organismen. Bei weitem die grösste Mehrzahl der Petrefacten gehört Meeresbewohnern an; viel seltener sind die Reste von Süsswasserbewohnern und von Landbewohnern, und am seltensten diejenigen der Luftbewohner. Die Gründe, wesshalb das Meer die günstigsten, das Süsswasser viel ungünstigere, und das Festland die ungünstigsten Bedingungen zur Fossilisation verstorbener Organismen darbot, liegen so nahe, dass wir dieselben hier nicht zu erörtern brauchen. Ebenso konnten selbstverständlich von Entozoen und von anderen Parasiten keine Reste conservirt werden. Wenn wir ferner bedenken, wie rasch überall jedes Cadaver seine Liebhaber findet, wie schnell überall Tausende von Organismen beschäftigt sind, sich Fleisch und Blut der Verstorbenen zu Nutze zu machen, wie die allermeisten organischen Individuen nicht natürlichen Todes sterben, sondern von übermächtigen Feinden vernichtet werden, so werden wir uns mehr darüber wundern, dass noch so viele, als dass so äusserst wenige deutlich erkennbare Reste übrig bleiben konnten.

Die andere Reihe von Ursachen, welche auf die fossile Conservation der organischen Reste höchst nachtheilig einwirken, liegt in den Umständen, unter denen die neptunischen Erdschichten aus dem Wasser abgelagert werden. Vor allem ist hier der von Darwin mit Recht besonders hervorgehobene Umstand äusserst wichtig, dass versteinerungsführende Schichten nur während langer Perioden andauernder Senkung des Bodens abgelagert werden konnten. Wenn dagegen Senkungen mit Hebungen wechselten, oder wenn lange Zeit hindurch Hebungen fortdauerten, so konnten die neuabgelagerten Schichten nicht erhalten bleiben, da sie alsbald wieder in den Bereich der Brandung versetzt und so zerstört wurden. Diesen Umstand gehörig zu würdigen, ist aber um so wichtiger, als gerade während der Hebungszeit (durch Gewinnung neuer Stellen im Naturhaushalte) die Divergenz der organischen Formen und die Entstehung neuer Arten sehr begünstigt wurde, während dagegen in den Senkungszeiten mehr Arten erlöschen und zu Grunde gehen mussten. Zwischen den langen Zeiträumen, in welchen je zwei auf einander folgende Formationen oder Etagen abgelagert wurden, und welche zwei

Senkungsperioden entsprechen, liegt demnach ein ungeheuer langer Zeitraum, in welchem die alternirende Hebung des Bodens und die damit parallel gehende Entstehung neuer Arten stattfand, von denen uns aber gar keine Reste erhalten werden konnten. So erklärt sich ganz einfach der zunächst befremdende Umstand, dass Flora und Fauna zweier verschiedener, übereinander liegender Schichten so sehr verschieden sind. In sehr vielen Sedimentschichten endlich, wie z. B. in vielen grobkörnigen Sandsteinen, ist die Erhaltung organischer Reste schon wegen der Structur des Gesteins selbst fast ganz unmöglich.

Aber auch die wirklich erhaltenen versteinerungsführenden Schichten sind uns nur im höchsten Grade unvollständig bekannt. Wir kennen von diesen fossiliferen Straten nur einen äusserst geringen Theil; sorgfältiger ist bisher nur ein Theil Europas und Nordamerikas hierauf untersucht. Von den Sedimentschichten Asiens, Südamerikas, Afrikas und Australiens, sowie überhaupt der ganzen südlichen Hemisphäre kennen wir nur ganz geringe Bruchstücke. Wie unvollständig wir aber selbst die am meisten untersuchten Schichten (z. B. den lithographischen Schiefer des Jura) kennen, geht am besten daraus hervor, dass noch jährlich neue Formen in denselben entdeckt werden. Wir kennen ferner gar nichts von den ungeheueren Massen fossilienhaltiger Schichten, welche gegenwärtig unter dem Meeresspiegel ruhen, von denjenigen, welche jenseits der Polarkreise liegen und von denjenigen, welche sich in metamorphischem Zustande befinden. Und doch sind die letzteren allein aller Wahrscheinlichkeit nach bedeutend mächtiger, als alle nicht metamorphischen Schichtenlagen zusammen.

Alle diese Umstände zusammengenommen beweisen uns, dass die Gesammtheit des paläontologischen Materials oder die sogenannte „geologische Schöpfungs-Urkunde" im allerhöchsten Maasse unvollständig und lückenhaft ist, und dass sie uns für die zusammenhängende phyletische Entwickelungsgeschichte nur einzelne dürftige Andeutungen, nirgends aber eine vollständige und zusammenhängende Entwickelungsreihe liefert. Von sehr vielen fossilen Organismen-Arten kennen wir nur ein einziges Exemplar oder einige wenige höchst unvollkommene Bruchstücke, z. B. einen einzelnen Zahn oder ein paar Knochen. Von keiner einzigen fossilen Art können wir uns ein einigermaassen vollständiges Bild ihrer gesammten Verbreitung und Entwickelung in der Vorzeit entwerfen. Alle unsere paläontologischen Sammlungen zusammengenommen sind nur ein winziges Fragment, nur ein Tropfen im Meere, gegenüber der ungeheueren Masse erloschener Organismen, die in früheren Zeiten unsere Erdrinde belebten. Bevor diese Ueberzeugung nicht durch reifliche Erwägung aller hier einschlagenden Umstände befestigt ist, wird jede Beurtheilung des paläontologischen Materials verfehlt bleiben und zu irrigen Schlüssen verführen.

IV. Die Kataklysmen-Theorie und die Continuitäts-Theorie (Cuvier und Lyell).

Wenn wir die ausserordentliche Unvollständigkeit des gesammten phylogenetischen Materials mit der befriedigenden Vollständigkeit mindestens eines grossen Theiles des ontogenetischen Materials vergleichen, so begreifen wir, warum die Entwickelungsgeschichte der Arten und Stämme so weit hinter derjenigen der Individuen und Zeugungskreise zurückbleiben konnte. Doch ist diese Differenz in der Ausbildung beider Zweige der Entwickelungsgeschichte nicht allein in jener ganz verschiedenen Beschaffenheit des empirischen Materials, sondern auch zum grossen Theil in der eigenthümlichen Stellung begründet, welche die Paläontologie von Anfang an zu ihren nächstverbündeten Wissenschaften einnahm. Vorzüglich aber ist in dieser Beziehung die Abhängigkeit derselben von der Geologie sehr einflussreich geworden, sowie der Umstand, dass die meisten sogenannten Zoologen und Botaniker dieselbe wie ein Stiefkind behandelten, oder sich wohl auch gar nicht um die Thiere und Pflanzen der unbekannten „Vorwelt" bekümmerten.

Die empirische Paläontologie, als die Versteinerungskunde oder „Petrefactologie", verdankt ihre Entwickelung und Cultur grösstentheils nicht den Untersuchungen der Zoologen und Botaniker, (welche in den Petrefacten meistens nicht die Ueberbleibsel der ausgestorbenen Vorfahren der jetzt lebenden Organismen zu erkennen vermochten), sondern den Bemühungen der Geologen, welche die Petrefacten nur als „Leitmuscheln", als „Denkmünzen der Schöpfung" schätzen und verwerthen, um mit Hülfe derselben das relative Alter der über einander gelagerten Gebirgsschichten zu bestimmen. Das Interesse der beiderlei Naturforscher an diesen Objecten ist daher nicht weniger verschieden, als etwa das Interesse eines Archäologen und eines Künstlers oder Aesthetikers an einer antiken Statue. Der genealogische Zusammenhang der fossilen und der lebenden Organismen, sowie überhaupt die paläontologische Entwickelungsgeschichte der Organismen musste den eigentlichen Geologen von jeher als ein untergeordneter Nebenzweck oder auch als eine gleichgültige Sache erscheinen, um so mehr, als die meisten Geologen nicht hinreichend gründliche biologische und namentlich morphologische Bildung besassen, um das hohe Interesse jenes Zusammenhanges richtig würdigen zu können. Dazu kam, dass die falsche Kataklysmen-Theorie die gesammte Geologie und die davon in Abhängigkeit erhaltene Paläontologie im vorigen Jahrhundert und in den drei ersten Decennien des jetzigen vollständig beherrschte. Allgemein nahm man an, dass die aus dem Bau der festen Erdrinde ersichtliche Uebereinanderlagerung einer bestimmten Anzahl verschiedener Gebirgsformationen, deren jede ihre eigenthümlichen thierischen und pflanzlichen

Reste einschliesst, einer gleichen Anzahl von aufeinanderfolgenden Erdrevolutionen unbekannten Ursprungs entspreche, deren jede die damals existirende Flora und Fauna vernichtet und in den zusammengeschütteten Trümmern der umgewühlten Erdrinde begraben habe. Am Anfange jeder neuen Periode der Erdgeschichte sollte ebenso unmotivirt plötzlich eine neue Flora und Fauna erschaffen worden sein, wie die vorhergehende durch unmotivirte, ungeheuere, allgemeine Ueberschwemmungen und Umwälzungen der Erdrinde vernichtet worden war.

Diese falsche Theorie wurde vorzüglich dadurch verhängnissvoll, dass sie durch Cuvier zu allgemeiner Anerkennung gelangte, der sich im Anfange unseres Jahrhunderts die grössten Verdienste um eine schärfere Bestimmung und Erkenntniss der organischen fossilen Reste erwarb. Seine grosse Autorität hielt das gesammte Gebiet der Paläontologie ein halbes Jahrhundert hindurch so vollständig beherrscht, und erhielt die Kataklysmen-Theorie als fundamentales Dogma in derselben so unbedingt aufrecht, dass selbst heute noch ein grosser Theil der Paläontologen sich nicht entschliessen kann, dasselbe aufzugeben. Hier tritt nun die Paläontologie, insofern sie noch heute in weiten Kreisen das Dogma von einer Reihenfolge plötzlicher Vernichtungen der schubweise in die Welt gesetzten Schöpfungen aufrecht erhält, in einen seltsamen Gegensatz zu der früher sie beherrschenden Geologie, in welcher jenes Dogma seit nunmehr 36 Jahren als beseitigt betrachtet werden kann. Im Jahre 1830 erschien das bewunderungswürdige Werk von Charles Lyell: „*the Principles of Geology*“, durch welches dieser grosse Engländer dieselbe Reformation auf dem Gebiete der Geologie und in der Entwickelungsgeschichte der anorganischen Erdrinde durchführte, welche sein ebenbürtiger Landsmann, Charles Darwin, fast dreissig Jahre später auf dem Gebiete der Paläontologie und in der phyletischen Entwickelungsgeschichte der Organismen vollendete. Lyell wies überzeugend nach, dass wir zur Erklärung der geologischen Thatsachen nicht jene mythischen „Revolutionen und Kataklysmen“ unbekannten Ursprungs, nicht jene plötzlichen und unmotivirten Ueberschwemmungen und Umwälzungen der gesammten Erdrinde bedürfen, auf denen die frühere Geologie beruht. Er zeigte, wie die gegenwärtig existirenden geoplastischen Ursachen, wie namentlich der Wechsel wiederholter langsamer Hebungen und Senkungen, wie die Thätigkeit des Wassers und der atmosphärischen Agentien, wie die „existing causes“ der Meteorologie und die vulkanische Action des Erdinnern vollkommen ausreichen, um in dem Verlaufe sehr langer Zeiträume durch sehr langsame und allmähliche, aber beständige und ununterbrochene Thätigkeit jene gewaltigen Wirkungen hervorzubringen, die wir in dem Gebirgsbau der entwickelten Erdrinde bewundern.

Das grosse Princip des Actualismus, der Grundsatz, dass

die Kräfte der Materie ebenso wie sie selbst, zu allen Zeiten dieselben bleiben, und dass heute noch ebenso wie in der Primordialzeit gleiche Ursachen gleiche Wirkungen hervorbringen, war durch jenes Werk Lyell's gewahrt, und dadurch das grosse Gesetz der continuirlichen Entwickelung, der successiven Metamorphose, der ununterbrochenen Umbildung für die anorganische Natur festgestellt. So gross war aber die Macht des durch Cuvier's Autorität gestützten Dogmas von den Kataklysmen und den schubweise in die Welt gesetzten Schöpfungen, dass das letztere dadurch in der Paläontologie gar nicht erschüttert zu sein schien. Nun muss es aber für jeden Denkenden klar sein, dass jenes Dogma in der Paläontologie zum vollständigen Unsinn wurde, nachdem ihm in der Geologie aller Boden entzogen war. Und dennoch lehrten die Zoologen und Botaniker im Verein mit den Paläontologen unbekümmert und ungestört ihr absurdes Dogma weiter, und behaupteten, dass jede Art selbstständig und unabhängig von der anderen erschaffen, und nach ihrem Untergange durch andere, von ihr unabhängige, verwandte Arten ersetzt worden sei.

Es ist in der That erstaunlich, dass noch dreissig Jahre verfliessen konnten, ehe die von Lyell in der Geologie durchgeführte Reform auch in der Paläontologie zur Geltung gelangte. Sobald die ununterbrochene und allmähliche Entwickelung der anorganischen Erdrinde durch Lyell's Continuitäts-Theorie begründet war, musste die Descendenz-Theorie in der von Darwin gegebenen Vollständigkeit als die nothwendige Folge derselben erscheinen, und die gleiche ununterbrochene und allmähliche Entwickelung auch für die organische Bevölkerung der Erdrinde nachweisen. Wir sehen aber hier wiederum einen neuen Beweis von der ausserordentlichen Gewalt, welche eingerostete falsche Dogmen auf die Ansichten der Menschen dauernd ausüben, sobald sie durch mächtige Autoritäten gestützt werden. Und wieder müssen wir an Goethe's Wort denken: „Die Autorität verewigt im Einzelnen, was einzeln vorüber gehen sollte, lehnt ab und lässt vorüber gehen, was festgehalten werden sollte, und ist hauptsächlich Ursache, dass die Menschheit nicht vom Flecke kommt."

Nach unserer unerschütterlichen Ueberzeugung ist die Kataklysmen-Lehre in der Geologie und das damit untrennbar verbundene Dogma von der selbstständigen Schöpfung der einzelnen Species in der Paläontologie vollkommen eben so falsch und unhaltbar, wie die Evolutions-Theorie in der Ontogenie (vergl. S. 12). Wie wir in der letzteren die Epigenesis als die einzig möglich und wirkliche Grundlage anerkennen mussten, so müssen wir in der Phylogenie die Continuität der organischen ebenso wie der anorganischen Natur-Entwickelung als das erste und unentbehrliche Fundament festhalten, und dieses Fundament ist nicht zu trennen von der Descendenz-Theorie.

V. Die Perioden der Erdgeschichte.

Jede der vielen über einander gelagerten neptunischen Schichten der Erdrinde bezeichnet einen bestimmten Zeitraum der Erdgeschichte. Die versteinerten Reste und Abdrücke von Thieren und Pflanzen, welche in denselben enthalten sind, geben uns ein rudimentäres und höchst unvollständiges Bild von der Fauna und Flora, welche während jener Zeit die Erdrinde belebten. Dagegen besitzen wir gar keine solchen Reste oder „Denkmünzen der Schöpfungsgeschichte“ aus den sehr langen Zeiträumen, welche zwischen der Ablagerung je zweier Schichten oder Formationen verflossen. Diese empfindlichen Lücken sind, wie wir vorher sahen, um so mehr zu bedauern, als grade in jenen Zwischenzeiten, in welchen Hebungen der Erdrinde stattfanden und desshalb keine versteinerungsführenden Schichten abgelagert wurden, die Umbildung der Organismen und die Entstehung neuer Arten und Artengruppen wegen der Umgestaltung der Existenz-Bedingungen und wegen der Entstehung neuer Stellen im Naturhaushalte sehr lebhaft sein mussten. Wir müssen daher jene empirisch nie ausfüllbaren Lücken durch Hypothesen überbrücken und den durch jene Intervalle zerrissenen Faden der paläontologischen Entwickelung wieder zusammenknüpfen.

Es erscheint uns desshalb von der grössten Wichtigkeit, nicht bloss, wie es bisher üblich war, die Zeiträume der Senkung, während welcher die fossiliferen Schichten abgelagert wurden, bestimmt zu unterscheiden, und mit Namen zu bezeichnen, sondern auch die für die Genealogie viel wichtigeren Zeiträume der Hebung, welche jene unterbrachen, und innerhalb deren keine petrefactenhaltigen Straten abgelagert wurden. Dem allgemeinen Brauche folgend bezeichnen wir die Senkungs-Zeiträume nach den fossiliferen Straten und Schichtengruppen, welche während derselben abgelagert wurden, also z. B. die Kohlen-Zeit als die Periode, in welcher das Steinkohlen-System, die Eocen-Zeit als die Periode, in welcher das Eocen-System sich bildete. Dagegen bezeichnen wir die zwischenliegenden Hebungs-Zeiträume, welche bisher nicht berücksichtigt worden sind, dadurch, dass wir vor den Namen der darauf folgenden Senkungs-Zeit ein „*Ante*“ setzen, also z. B. die Antecarbon-Zeit als den Zeitraum zwischen der Ablagerung der devonischen und carbonischen Schichten, die Anteocen-Zeit als den Zeitraum zwischen der Ablagerung der Kreide- und Eocen-Schichten u. s. w.

Man pflegt gewöhnlich die sämmtlichen Perioden der organischen Erdgeschichte in drei grosse Hauptperioden zu bringen, welche man als primäre (paläozoische), secundäre (mesozoische) und tertiäre (cänozoische) unterscheidet. Wir glauben jedoch, dass es richtiger ist,

am Anfang und am Ende dieser drei Hauptperioden noch zwei besondere abzuscheiden, von denen wir die erste als die primordiale (archozoische) und die letzte als die quartäre (anthropozoische) bezeichnen. Die erstere entfernt sich von der primären gänzlich durch den ausschliesslich marinen Charakter ihrer Fauna und Flora; ebenso unterscheidet sich die letztere wesentlich von der tertiären Hauptperiode durch das Erscheinen des Menschen, welcher durch seine Cultur auf die Erdrinde einen weit grösseren umgestaltenden Einfluss ausübte als irgend ein anderer Organismus vor ihm. Die fünf grossen Hauptperioden oder Zeitalter (Aetates) der organischen Erdgeschichte lassen sich mit kurzen Worten folgendermaassen charakterisiren:

I. Das archolithische Zeitalter oder die Primordialzeit.

Vom Beginn des organischen Lebens auf der Erde bis zum Ende der silurischen Zeit.

Mit dem ersten Act der Autogonie beginnt dieser erste Zeitraum, welcher bis zum Anfang des Landlebens, nach Ablagerung der obersten silurischen Schichten, reicht. Die Schichten, welche während der vielen Millionen Jahre dieses ungeheuer langen Zeitraums abgelagert wurden, umfassen drei verschiedene Schichten-Systeme: I. das laurentische, II. das cambrische, und III. das silurische System. Alle Versteinerungen, welche in diesen Schichten sich finden, gehören Protisten, Pflanzen und Thieren an, welche im Wasser lebten, und es ist demnach der Schluss gerechtfertigt, dass zu dieser Zeit noch gar kein Landleben existirte. Von Pflanzen kennen wir aus diesen Schichten nur ausschliesslich Algen, von Wirbelthieren nur einzelne Fische aus den obersten silurischen Schichten. Die charakteristischen Wirbelthiere dieser Periode müssen die nicht erhaltungsfähigen Leptocardier gewesen sein, aus denen sich die Fische erst entwickelt haben. Wir können daher diese Zeit auch das Zeitalter der Leptocardier oder der Algen nennen. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist der archolithische Zeitraum, welcher bisher immer noch mit dem wesentlich verschiedenen paläolithischen vereint erhalten worden ist, sehr viel länger gewesen als alle vier übrigen Zeitalter zusammengenommen, wie schon aus der ungeheueren Mächtigkeit der archäolithischen Schichten hervorgeht.

II. Das paläolithische Zeitalter oder die Primärzeit.

Vom Beginn der antedevonischen Zeit bis zum Ende der permischen Zeit.

Mit der antedevonischen Zeit beginnt zum ersten Male das Landleben auf der Erde, und in ihren ältesten (unterdevonischen) Schichten treten bereits Reste von entwickelten landbewohnenden Thieren und Pflanzen auf. Die Schichten, welche während der vielen Millionen Jahre dieses ungeheuer langen Zeitraums abgelagert wurden, umfassen

drei verschiedene Schichten-Systeme: I. das devonische, II. das carbonische, und III. das permische System. Unter den Wirbelthieren dieses Zeitalters sind ganz vorherrschend die Fische, unter den Pflanzen die Prothallophyten oder Filicinen (Gefäss-Cryptogamen) gewesen. Wir können daher diese Zeit auch das Zeitalter der Fische oder der Prothallophyten nennen.

III. Das mesolithische Zeitalter oder die Secundär-Zeit.

Vom Beginn der antetriassischen bis zum Ende der cretacischen Zeit.

In diesem Zeitraum treten zum ersten Male warmblütige und luftbewohnende Wirbelthiere auf, die Vögel und auch schon die Säugethiere, aber nur didelphe Beutelthiere. Die Schichten, welche während dieser sehr langen Periode abgelagert wurden, umfassen drei verschiedene Schichten-Systeme: I. Trias-, II. Jura- und III. Kreide-System. Nach den Reptilien, welche unter den Wirbelthieren, oder nach den Gymnospermen, welche unter den Pflanzen ganz vorzugsweise dieses Zeitalter charakterisirten, können wir dasselbe auch das Zeitalter der Reptilien oder der Gymnospermen nennen.

IV. Das cänolithische Zeitalter oder die Tertiär-Zeit.

Vom Beginn der anteocenen bis zum Ende der pliocenen Zeit.

In diesem Zeitraum fehlen die eigenthümlichen, die Secundär-Zeit charakterisirenden Gruppen der Ammoniten, der Pterodactylen, Halisaurier etc. Fauna und Flora nähern sich dem Charakter der Jetztzeit. Die Schichten, welche während dieses langen Zeitalters abgelagert wurden, umfassen drei verschiedene Schichten-Systeme: I. das eocene, II. das miocene, III. das pliocene System. Da dieser Zeitraum vorzugsweise durch die Entwickelung der monodelphen Säugethiere charakterisirt ist, sowie durch die reichliche Entwickelung der Angiospermen, so können wir ihn demnach auch als das Zeitalter der Säugethiere oder der Angiospermen bezeichnen.

V. Das anthropolithische Zeitalter oder die Quartär-Zeit.

Vom Beginn der pleistocenen Zeit bis zur Jetztzeit.

Mit der Entwickelung des Menschen aus catarrhinen Primaten beginnt dieser letzte Abschnitt der Erdgeschichte, welcher bis zur Gegenwart reicht. Während der menschlichen Existenz wurden die postpliocenen oder pleistocenen (diluvialen) und die recenten (alluvialen) Schichten abgelagert. Man kann diese verhältnissmässig sehr kurze Zeit nach dem ganz überwiegenden Einfluss, welchen der Mensch durch seine Cultur auf die Umgestaltung der Erdrinde ausgeübt hat, nur das Zeitalter des Menschen oder der Cultur nennen.

VI. Uebersicht der versteinerungsführenden Schichten der Erdrinde.

Terrains	*Systeme*	*Formationen*	*Synonyme der Formationen*
Primordiale Terrains oder archolithische (archozoische) Schichtengruppen	I. Laurentisches	1. *Ottawa*	Unterlaurentische
		2. *Labrador*	Oberlaurentische
	II. Cambrisches	3. *Longmynd*	Untercambrische
		4. *Potsdam*	Obercambrische
	III. Silurisches	5. *Landeilo*	Untersilurische
		6. *Landovery*	Mittelsilurische
		7. *Ludlow*	Obersilurische
Primäre Terrains oder paläolithische (paläozoische) Schichtengruppen	IV. Devonisches (Altrothsand)	8. *Linton*	Unterdevonische
		9. *Ilfracombe*	Mitteldevonische
		10. *Pilton*	Oberdevonische
	V. Carbonisches (Steinkohle)	11. *Kohlenkalk*	Untercarbonische
		12. *Kohlensand*	Obercarbonische
	VI. Permisches (Penäisches)	13. *Neurothsand*	Unterpermische
		14. *Zechstein*	Oberpermische
Secundäre Terrains oder mesolithische (mesozoische) Schichtengruppen	VII. Trias	15. *Buntsand*	Untertriassische
		16. *Muschelkalk*	Mitteltriassische
		17. *Keuper*	Obertriassische
	VIII. Jura	18. *Lias*	Liassische
		19. *Bath*	Unteroolithische
		20. *Oxford*	Mitteloolithische
		21. *Portland*	Oberoolithische
	IX. Kreide	22. *Wealden*	Wälder-Formation
		23. *Neocom*	Untercretacische
		24. *Grünsand*	Mittelcretacische
		25. *Weisskreide*	Obercretacische
Tertiäre Terrains oder caenolithische (caenozoische) Schichtengruppen	X. Eocen (Alttertiär)	26. *Londonthon*	Untereocene
		27. *Grobkalk*	Mitteleocene
		28. *Gyps*	Obereocene
	XI. Miocen (Mitteltertiär)	29. *Limburg*	Untermiocene
		30. *Falun*	Obermiocene
	XII. Pliocen (Neutertiär)	31. *Subapennin*	Unterpliocene
		32. *Arvern*	Oberpliocene
Quartäre Terrains oder anthropolithische (anthropozoische) Schichtengruppen	XIII. Pleistocen (Postpliocen)	33. *Glacial*	Unterpleistocene
		34. *Postglacial*	Oberpleistocene
	XIV. Recent (Alluvium)	35. *Recent*	Alluvium.

VII. Uebersicht der paläontologischen Perioden
oder der grösseren Zeitabschnitte der organischen Erdgeschichte.

I. Erster Zeitraum: **Archozoisches Zeitalter.** *Primordial-Zeit.*
(Archolithischer Zeitraum. Zeitalter der Leptocardier oder der Algen.)

Aeltere Primordialzeit	1. Erste Periode:	Antelaurentische Zeit (Autogonie-Zeit)
	2. Zweite Periode:	Laurentische Zeit (Eozoon-Zeit)
Mittlere Primordialzeit	3. Dritte Periode:	Antecambrische Zeit
	4. Vierte Periode:	Cambrische Zeit
Neuere Primordialzeit	5. Fünfte Periode:	Antesilurische Zeit
	6. Sechste Periode:	Silurische Zeit.

II. Zweiter Zeitraum: **Paläozoisches Zeitalter.** *Primär-Zeit.*
(Paläolithischer Zeitraum. Zeitalter der Fische oder der Prothallophyten.)

Aeltere Primärzeit	7. Siebente Periode:	Antedevonische Zeit (Vordevon-Zeit)
	8. Achte Periode:	Devonische Zeit (Rothsand-Zeit)
Mittlere Primärzeit	9. Neunte Periode:	Antecarbonische Zeit (Vorkohlen-Zeit)
	10. Zehnte Periode:	Carbonische Zeit (Kohlen-Zeit, Steinkohlen-Zeit)
Neuere Primärzeit	11. Elfte Periode:	Antepermische Zeit (Vorperm-Zeit)
	12. Zwölfte Periode:	Permische Zeit (Kupferschiefer-Zeit).

III. Dritter Zeitraum: **Mesozoisches Zeitalter.** *Secundär-Zeit.*
(Mesolithischer Zeitraum. Zeitalter der Reptilien oder der Gymnospermen.)

Aeltere Secundärzeit	13. Dreizehnte Periode:	Antetriassische Zeit (Vorsalz-Zeit)
	14. Vierzehnte Periode:	Triassische Zeit (Salz-Zeit)
Mittlere Secundärzeit	15. Fünfzehnte Periode:	Antejurassische Zeit (Vorlias-Zeit)
	16. Sechzehnte Periode:	Jurassische Zeit (Lias-Zeit und Oolith-Zeit)
Neuere Secundärzeit	17. Siebzehnte Periode:	Antecretacische Zeit (Vorkreide-Zeit)
	18. Achtzehnte Periode:	Cretacische Zeit (Kreide-Zeit).

IV. Vierter Zeitraum: **Caenozoisches Zeitalter.** *Tertiär-Zeit.*
(Caenolithischer Zeitraum. Zeitalter der Säugethiere oder der Angiospermen.)

Aeltere Tertiärzeit	19. Neunzehnte Periode:	Anteocene Zeit
	20. Zwanzigste Periode:	Eocene Zeit
Mittlere Tertiärzeit	21. Einundzwanzigste Periode:	Antemiocene Zeit
	22. Zweiundzwanzigste Periode:	Miocene Zeit
Neuere Tertiärzeit	23. Dreiundzwanzigste Periode:	Antepliocene Zeit
	24. Vierundzwanzigste Periode:	Pliocene Zeit.

V. Fünfter Zeitraum: **Anthropozoisches Zeitalter.** *Quartär-Zeit.*
(Anthropolithischer Zeitraum. Zeitalter des Menschen und der Cultur.)

Aeltere Quartärzeit (Affenmenschenzeit)	25. Fünfundzwanzigste Periode:	Glacial-Zeit
	26. Sechsundzwanzigste Periode:	Postglacial-Zeit
Neuere Quartärzeit (Culturzeit)	27. Siebenundzwanzigste Periode:	Dualistische Cultur-Zeit
	28. Achtundzwanzigste Periode:	Monistische Cultur-Zeit.

VIII. Epacme, Acme, Paracme.

Aufbildung *(Anaplasis)*, Umbildung *(Metaplasis)* und Rückbildung *(Cataplasis)* haben wir im sechzehnten Capitel (S. 18) drei verschiedene Stadien der Entwickelung genannt, welche wir allgemein in der Genesis der organischen Individuen unterscheiden konnten. Den Charakter dieser drei individuellen Entwickelungs-Perioden haben wir im siebzehnten Capitel (S. 76) schärfer zu bestimmen versucht. Wir kommen hier auf jene Bestimmung zurück, weil die vollständige Parallele zwischen der Ontogenie und Phylogenie auch in dieser Beziehung nicht fehlt, und weil auch die organischen Arten und Stämme in gleicher Weise wie die organischen Individuen, die drei Stadien der Aufbildung, der Umbildung und der Rückbildung zu durchlaufen haben.

Wie die gesammte Entwickelungs-Bewegung der Arten und der Stämme bisher nur selten als continuirliche Bewegungs-Erscheinung erkannt, und noch seltener in ihrem hohen Interesse gewürdigt worden ist, so gilt dies auch von den verschiedenen Stadien oder Hauptperioden ihrer Entwickelung. Allerdings mussten schon die ersten Anfänge der paläontologischen Statistik zu der Ueberzeugung führen, dass die verschiedenen Gruppen des Systems hinsichtlich der Dauer und Ausdehnung ihrer Entwickelung sich zu verschiedenen Zeiten der Erdgeschichte sehr verschieden verhalten haben, und dass das Zahlenverhältniss der Arten und der sie repräsentirenden Individuen in den verschiedenen Gruppen des Thier- und Pflanzenreichs sich zu allen Zeiten sehr verschieden gestaltet hat. Die Zunahme und Abnahme der Artenzahl und der Sippenzahl in den einzelnen Familien, Ordnungen und Classen ist daher schon seit längerer Zeit Gegenstand der Aufmerksamkeit und der statistischen Bestimmung der Paläontologen gewesen, und man hat namentlich sehr oft die Zeitdauer der einzelnen Gruppen, sowie ihre Zunahme und Abnahme an Zahl der Gattungen und Arten in den verschiedenen Perioden der Erdgeschichte graphisch durch doppelkegelförmige Linien darzustellen versucht. Insbesondere ist Bronn in seiner „Geschichte der Natur" und in seinen trefflichen „Untersuchungen über die Entwickelungs-Gesetze der organischen Welt" bemüht gewesen, diese historische Zunahme, Dauer und Abnahme der Artenzahl und Sippenzahl in den verschiedenen Abtheilungen des Thier- und Pflanzen-Reichs festzustellen. Indessen musste diesen Bemühungen so lange ihr bestimmtes Ziel und ihr causaler Leitstern fehlen, als nicht der leitende Grundgedanke der Descendenz-Theorie den genealogischen Zusammenhang der „verwandten" Organismen als die Ursache ihrer paläontologischen Erscheinungsweise nachgewiesen hatte. Nur von diesem Standpunkte aus können wir begreifen, warum die Arten, Gattungen, Classen u. s. w., kurz alle die verschiedenen Kate-

gorieen des Systems, von der Varietät bis zum Stamm hinauf, überall ebenso verschiedene Stadien ihrer Entwickelung unterscheidenlassen, wie die einzelnen Individuen während der Zeit ihrer individuellen Existenz.

Wie wir aber zeigten, dass wir unter Ontogenese die gesammte Reihe von Formveränderungen begreifen müssen, welche der individuelle Organismus während der ganzen Zeit seiner individuellen Existenz durchläuft, so müssen wir hier dasselbe für die Phylogenese wiederholen. Auch die Entwickelung der Arten und der Stämme, und gleicherweise jeder anderen Kategorie des Systems, umfasst ebenso wie diejenige der physiologischen Individuen die ganze Reihe von Fomveränderungen, welche jede dieser genealogischen Kategorieen während der gesammten Zeit ihrer Existenz durchläuft. Jede dieser Kategorieen hat eine beschränkte Zeitdauer ihrer Existenz, und diese wird durch den Kampf um das Dasein bestimmt.

Die drei Stadien der Aufbildung, Umbildung und Rückbildung sind nun zwar in der Phylogenese ebenso wie in der Ontogenese allgemein zu unterscheiden; indessen ist es dort ebenso wenig als hier möglich, dieselben scharf zu charakterisiren, und durch scharfe Grenzlinien von einander zu scheiden. Vielmehr gehen die Stadien der phylogenetischen ebenso wie die der ontogenetischen Entwickelung allmählich in einander über, und oft sind selbst ihre ungefähren Grenzen nur sehr unsicher zu bestimmen. Dennoch ist die Unterscheidung derselben von grossem Vortheil, und sogar durchaus nothwendig, um eine klare Uebersicht über das phylogenetische Verhältniss der einzelnen Gruppen zu einander und zum ganzen Stamme zu erhalten.

Um die Verwechselung der phylogenetischen Entwickelungs-Stadien mit den ontogenetischen zu vermeiden, erscheint es passend, dieselben durch besondere feststehende Ausdrücke zu bezeichnen, welche den letzteren entsprechen. Wir nennen das erste Stadium der Phylogenese, welches der ontogenetischen Anaplase gleich steht, ihre Aufblühzeit *(Epacme)*, das zweite, welches der Metaplase entspricht, die Blüthezeit *(Acme)*, und das dritte, welches der Cataplase correspondirt, die Verblühzeit *(Paracme)*.

I. Die Aufblühzeit *(Epacme)*, das erste Stadium der Phylogenese, umfasst diejenige Zeit in der Entwickelung der Arten und der Stämme, welche von ihrer Entstehung bis zu ihrer Blüthezeit reicht. Sie entspricht also dem Jugendalter *(Juventus, Adolescentia)* oder der Aufbildungszeit *(Anaplasis, Evolutio)*, welche wir oben als das erste Stadium der individuellen Entwickelung charakterisirt haben (S. 76). Als diejenige physiologische Entwickelungs-Function, welche vorzugsweise für dieses Stadium der Ontogenese characteristisch und bedeutend ist, haben wir daselbst das Wachsthum bezeichnet, und ebenso werden wir das Wachsthum auch als den cha-

rakteristischen Process der phylogenetischen Epacme betrachten können. Die epacmastische Crescenz der Arten und Stämme besteht ebenso wie das anaplastische Wachsthum der Bionten, in einer Ausdehnung und Grössenzunahme. Bei den Arten wächst die Anzahl der Individuen und bei den Stämmen die Anzahl der subordinirten Kategorieen (Classen, Ordnungen etc.), welche dieselben zusammensetzen.

II. Die Blüthezeit *(Acme)*, das zweite und mittlere Stadium der Phylogenese, begreift diejenige Zeit in der Entwickelung der Arten und Stämme, welche zwischen der Epacme und der Paracme liegt. Sie correspondirt mithin dem Reifealter *(Maturitas, Adultas)* oder der Umbildungszeit *(Metaplasis, Transevolutio)*, welche wir oben als das zweite Stadium der individuellen Entwickelung abgesteckt haben (S. 78). Diejenige physiologische Entwickelungs-Function, welche vorzugsweise dieses Stadium der Ontogenese beherrscht, ist die Differenzirung oder Divergenz der Form, und ebenso können wir diesen Process auch als die wesentlichste Function der phylogenetischen Acme betrachten. Die acmastische Differenzirung der reifen Arten und Stämme besteht, ebenso wie die metaplastische Divergenz der Bionten, weniger in einer quantitativen als in einer qualitativen Vervollkommnung, und vorzugsweise in der vielseitigen Anpassung an die verschiedenartigsten Existenzbedingungen. Durch diese Differenzirung der Arten bilden dieselben ein reiches und vielstrahliges Varietätenbüschel, während durch die Divergenz der Stämme eine grosse Anzahl von neuen Gruppen entstehen.

III. Die Verblühzeit *(Paracme)*, das dritte und letzte Stadium der Phylogenese, umfasst diejenige Zeit in der Entwickelung der Arten und Stämme, welche vom Ende der Blüthezeit bis zum Ende ihrer Existenz reicht. Sie entspricht also dem Greisenalter *(Deflorescentia, Senilitas)* oder der Rückbildungszeit *(Cataplasis, Involutio)*, welche oben als das dritte und letzte Stadium der individuellen Entwickelung geschildert worden ist (S. 79). Als diejenige physiologische Entwickelungs-Function, welche vorzugsweise in diesem Stadium der Ontogenese herrscht, haben wir daselbst die Degeneration nachgewiesen, und dieser Process charakterisirt ebenso auch die phylogenetische Paracme. Die paracmastische Degeneration der Arten und Stämme besteht ebenso wie die ontogenetische Entbildung der Bionten, zunächst in einer Beschränkung und Verminderung ihres physiologischen und in Folge dessen auch ihres morphologischen Bestandes und Vermögens. Bei den Arten nimmt die Zahl der Individuen ab, indem sie entweder aussterben oder in andere Arten übergehen. Bei den Stämmen nimmt die Zahl aller Kategorieen, und der sie vertretenden Bionten ab, bis zum vollständigen Aussterben.

Zweiundzwanzigstes Capitel.

Entwickelungsgeschichte der Arten oder Species.

(Naturgeschichte der organischen Arten oder der genealogischen Individuen zweiter Ordnung.)

„Die Idee der Metamorphose ist gleich der vis centrifuga und würde sich ins Unendliche verlieren, wäre ihr nicht ein Gegengewicht zugegeben: ich meine den Specificationstrieb, das zähe Beharrlichkeitsvermögen dessen, was einmal zur Wirklichkeit gekommen, eine vis centripeta, welcher in ihrem tiefsten Grunde keine Aeusserlichkeit etwas anhaben kann.“ Goethe.

I. Allgemeine Kritik des Species-Begriffes.

Seitdem Linné vor 130 Jahren in seinem *Systema naturae* zum ersten Male die ausserordentlichen Vortheile gezeigt hatte, welche die von ihm eingeführte binäre Nomenclatur für die übersichtliche Registratur der Organismen bietet, und seitdem die Einordnung der verschiedenartigen Formen in das System, und ihre Benennung mit Genus- und Species-Namen mehr und mehr Hauptbeschäftigung der sogenannten „Systematik“ geworden war, hat es nicht an vielfältigen Versuchen gefehlt, das eigentliche Wesen der Art oder Species in seinem eigenthümlichen Werthe zu erkennen, und den Begriff derselben zu bestimmen. Die Geschichte dieser grösstentheils verfehlten Versuche ist für die Geschichte der gesammten organischen Morphologie von grosser Bedeutung. Denn einerseits hat das zur allgemeinen Herrschaft gelangte Dogma von der Constanz der Species die irrthümlichsten allgemeinen Anschauungen in allen einzelnen Zweigen der morphologischen Botanik und Zoologie hervorgerufen. Andererseits aber zeigen sich gerade in der Art und Weise, in welcher man jenes Dogma aufgebaut und zum Fundament aller generellen morphologischen Reflexionen erhoben hat, auf das Klarste alle die principiellen Fehler und methodologischen Irrwege, welche bisher in allen Zweigen der organischen Morphologie die Geltung der allein richtigen monistischen

Naturanschauung, und somit auch die Erkenntnis der allein maassgebenden causal-mechanischen Naturgesetze gehindert haben. Die blinde Dogmatik und der Mangel an Kritik, die einseitige Vertiefung in der isolirenden Analyse und der Mangel an vergleichender Synthese, das unklare Haschen nach teleologischen Schein-Gründen und die vorurtheilsvolle Vernachlässigung der wirklichen mechanischen Gründe — kurz alle die Mängel und Fehler, welche bisher die Morphologie der Organismen gehindert haben, sich auf den objectiven monistischen Standpunkt aller übrigen Naturwissenschaften zu erheben, und welche sie in der Knechtschaft subjectiver dualistischer Vorurtheile erhalten haben — alle diese Mängel und Fehler sind auf das engste mit dem fundamentalen Dogma von der absoluten Individualität und Constanz der Species verknüpft, und durch dasselbe grösstentheils unmittelbar bedingt. Der allgemeine Mangel an natürlicher Logik, und überhaupt an gesunder Philosophie, welcher das Grundübel der ganzen organischen Morphologie bildet, zeigt sich daher auch nirgends so auffallend wie in der Species-Frage.

Obwohl desshalb eine kritische Entwickelungs-Geschichte der Species-Dogmatik für die gesammte Morphologie der Organismen von hohem Interesse ist, würde es uns doch hier viel zu weit führen, wollten wir alle verschiedenen Ansichten auch nur der hervorragendsten Morphologen über die Species einer allgemeinen Besprechung unterziehen und den verwickelten Knäuel unklarer und widersprechender Vorstellungen darüber entwirren. Dies muss einer zukünftigen Geschichte der Descendenz-Theorie vorbehalten bleiben. Wir beschränken uns vielmehr hier darauf, den ganz verschiedenartigen Inhalt und Umfang des Species-Begriffes hervorzuheben, welchen derselbe, von morphologischem, physiologischem und genealogischem (morphogenetischem) Gesichtspunkte aus bestimmt, besitzt.

Das Wichtigste, was in dieser Beziehung zunächst zu beachten ist, finden wir in dem Umstande, dass der praktische Gebrauch des Species-Begriffes sich meistens ganz unabhängig von der theoretischen Bestimmung desselben erhielt. Die alte, authentische Definition Linné's, welcher den Species-Begriff nicht allein zuerst theoretisch aufstellte, sondern auch mit dem glänzendsten Erfolge praktisch anwandte, lautete: „Species tot sunt diversae, quot diversae formae ab initio sunt creatae.“ Diese Definition ist offenbar rein speculativer Natur, auf das eingewurzelte theoretische Schöpfungs-Dogma gegründet, und ganz unabhängig von der praktischen, auf die Vergleichung concreter Individuen und ihre Unterscheidung durch constante Merkmale gestützten Bestimmung der Arten. Mehr in Verbindung mit der letzteren wurde späterhin die theoretische Species-Definition durch Cuvier gebracht, welcher nächst Linné den grössten

und nachhaltigsten Einfluss auf die Systematik ausübte. Nach Cuvier ist die Species „la réunion der individus descendant l' un de l' autre et des parents communs, et de ceux, qui leur ressemblent autant, qu' ils se ressemblent entre eux.“ In dieser Bestimmung, an welche sich die meisten späteren mehr oder minder eng anschliessen, wird offenbar zweierlei für die zu einer Species gehörigen Individuen verlangt, erstens nämlich ein gewisser Grad von Aehnlichkeit oder annähernder Gleichheit der Charaktere, und zweitens ein verwandtschaftlicher Zusammenhang durch das Band gemeinsamer Abstammung. Von den späteren Autoren ist bei den zahlreichen Versuchen, die Definition zu vervollkommnen, bald mehr auf die genealogische Blutsverwandtschaft aller Individuen einer Art, bald mehr auf ihre morphologische Uebereinstimmung in allen wesentlichen Charakteren Rücksicht genommen worden. Im Allgemeinen kann man aber behaupten, dass bei der praktischen Anwendung des Artbegriffs, bei der Unterscheidung und Benennung der einzelnen Species, fast immer nur das letztere Moment zur Geltung gelangte, das erstere dagegen ganz vernachlässigt wurde. Späterhin wurde zwar die genealogische Vorstellung von der gemeinsamen Abstammung aller Individuen einer Art noch durch die physiologische Bestimmung ergänzt, dass alle Individuen einer Art mit einander eine fruchtbare Nachkommenschaft erzeugen können, während die sexuelle Vermischung von Individuen verschiedener Arten gar keine oder nur eine unfruchtbare Nachkommenschaft liefert. Indessen war man in der systematischen Praxis allgemein vollkommen zufrieden, wenn man bei einer untersuchten Anzahl höchst ähnlicher Individuen die Uebereinstimmung in allen wesentlichen Charakteren festgestellt hatte, und frug nicht weiter danach, ob diese zu einer Art gerechneten Individuen in der That gemeinsamen Ursprungs und fähig seien, bei der Begattung mit einander eine fruchtbare Nachkommenschaft zu erzeugen. Vielmehr kam diese physiologische Bestimmung natürlicherweise bei der praktischen Unterscheidung der Thier- und Pflanzen-Arten eben so wenig in Anwendung, als die vorausgesetzte gemeinsame Abstammung von einem und demselben Eltern-Paare. Andererseits unterschied man ohne Bedenken zwei nächstverwandte Formen als zwei verschiedene „gute Arten“, sobald man bei einer untersuchten Anzahl von ähnlichen Individuen eine constante Differenz, wenn auch nur in einem verhältnissmässig untergeordneten Charakter, nachgewiesen hatte. Auch hier kümmerte man sich nicht darum, ob die beiden verschiedenen Reihen wirklich nicht von gemeinsamen Voreltern abstammten, und wirklich mit einander keine oder doch nur unfruchtbare Bastarde zeugen konnten.

Aus diesen einfachen Gründen, und besonders aus der Unmöglichkeit, die gemeinsame Abstammung und die Fähigkeit zur Erzeu-

gung fruchtbarer Nachkommen bei allen Individuen derselben Species nachzuweisen, wurde dann die offenbare Trennung zwischen der theoretischen und der ganz davon unabhängigen praktischen Unterscheidung der Species mehr oder weniger unbewusst den Systematikern zur Gewohnheit. Theoretisch wurde die Art bestimmt als der Inbegriff aller Individuen verschiedenen Geschlechts, die mit einander eine fruchtbare, die Gattung als Inbegriff derer, die keine oder eine unfruchtbare Nachkommenschaft erzeugen. Dabei setzte man gewöhnlich stillschweigend voraus, dass alle Individuen einer Art ursprünglich von gleichen, alle Arten einer Gattung dagegen von verschiedenen Voreltern abstammten. Ebenso wurde die Unveränderlichkeit oder Constanz der Art in der Zeit vorausgesetzt. Bei der praktischen Species-Unterscheidung dagegen wurde diese Voraussetzung gewöhnlich nicht im mindesten berücksichtigt und man hielt sich bloss an die Uebereinstimmung oder die Differenz der sogenannten „wesentlichen" Charaktere in den grade zur Bestimmung vorliegenden und zu vergleichenden Exemplaren. Leichtere und auch oft bedeutende, aber inconstante Differenzen zwischen denselben wurden nicht als Merkmale von besonderen Arten, sondern nur von Abarten oder Spielarten (Varietäten, Subspecies) angesehen. Die Probe mit der Fortpflanzungsfähigkeit wurde nicht gemacht. Auch wäre es ja in der That in den allermeisten Fällen, wie z. B. bei der Feststellung der Species von nicht lebend zu beobachtenden, sowie von allen ausgestorbenen Thieren, ganz unmöglich gewesen, die verlangte Probe mit der gleichartigen Fortpflanzung anzustellen, und die Abstammung von einem einzigen Elternpaare empirisch nachzuweisen. Dass aber auf diese Weise die erwähnten Voraussetzungen bald nur zu einem leeren Dogma ausarteten, welches bloss in den Handbüchern in Ermangelung einer besseren Definition der Species schulgerecht fortgeführt und allgemein wiederholt wurde, liegt auf der Hand. Jede eingehende kritische Untersuchung zeigt, dass in der zoologischen und botanischen Praxis allein die morphologische Rücksicht auf die unterscheidenden sogenannten specifischen Charaktere zur Geltung kam, nicht aber das genealogische Kriterium, gezogen aus der Voraussetzung gemeinsamer Abstammung, und eben so wenig die physiologische Erwägung, dass zwei verschiedene Species keine fruchtbare Nachkommenschaft mit einander erzeugen können.

Dass dieser Mangel an Zusammenhang zwischen der theoretisch-physiologischen und der praktisch-morphologischen Bestimmung der Species den Werth der ersteren ganz illusorisch machte, wurde seltsamer Weise von den meisten zoologischen und botanischen Systematikern gar nicht bemerkt. In dem Eingange zu den Handbüchern wurde immer wieder gewissenhaft die theoretische Definition wieder-

holt, dass zu einer Art alle Individuen (und nur diese!) gehören, welche von gemeinsamen Voreltern abstammen und welche bei der sexuellen Vermischung eine fruchtbare Nachkommenschaft erzeugen. In der That aber wurde die Richtigkeit dieser Bestimmung niemals wirklich geprüft, vielmehr die Unterscheidung und Benennung der Species lediglich durch Ermittelung der Uebereinstimmung in allen „wesentlichen" morphologischen Charakteren bewirkt.

Die schlimmen Folgen für die gesammte Systematik, besonders die Verwirrung und Haltlosigkeit, welche hieraus entstanden, zumal Niemand genau festsetzte, welche unterscheidenden Charaktere „wesentliche oder specifische" seien, welche nicht, hat der verdienstvolle Reformator der thierischen Entwickelungsgeschichte, C. E. von Bär, schon vor 45 Jahren höchst treffend geschildert [1]). Sein scharfer kritischer

---

[1]) „Linné's Gedanke, allen unter sich ähnlichen Naturproducten einen gemeinschaftlichen Namen, und jedem für sich einen eigenen dazu zu geben, so dass der Doppelname eines Körpers mit der ersten Hälfte seine Verwandten, mit der zweiten seine eigene Individualität bezeichnet, dieser Gedanke allein verdiente Unsterblichkeit, und musste sie zu einer Zeit erwerben, wo lichtvolle Uebersicht und Entfernung der Namenverwirrung der sehnlichste Wunsch war. Linné war weit entfernt, die künstliche Aneinander-Reihung der einzelnen Formen (Systematik) für den höchsten Zweck zu halten, und unzweideutig spricht er sich dagegen aus; allein jenes Systema naturae, das er selbst entworfen, und als Basis für alle Zeiten hingestellt hatte, musste ihn nothwendiger Weise am meisten beschäftigen, und er verdient unseren grössten Dank dafür, da er stets sich bemühte, die nothwendige Kritik anzuwenden, und nichts aufnahm, was er nicht selbst gesehen, oder worüber er nicht gründliche und ausführliche Nachrichten zu haben glaubte. Wenn aber Linné's Streben nach den Verhältnissen der Wissenschaft nothwendig auf Systematik, und besonders auf künstliche Systeme gerichtet sein musste (denn nur diese konnten dem Bedürfnisse schnelle Abhülfe thun), so blendete das grosse Ansehen dieses Mannes seine zahlreichen Schüler so sehr, und der Gewinn eines Systems war so gross, dass nunmehr das für Zweck galt, was doch nur Mittel sein sollte.

„So sehen wir denn das Verzeichniss der Arten organischer Körper zu einer ungeheuren Ausdehnung anwachsen, die zu übersehen kein Sterblicher mehr vermag. Wie viel Arbeit, wie viel Menschenleben musste daran gesetzt werden, um bis dahin zu gelangen. Bedenkt man, wie wenig die schwache Kraft des Einzelnen an einem solchen Bau fördert, so muss man Rechenschaft fordern über den Gewinn, den so gemeinschaftliche Opfer der menschlichen Cultur brachten. Ach! Es war ein geringer Preis, für den man kämpfte! Vergrösserung des angefangenen Registers der Naturkörper! Was helfen hundert Rietgräser, die man mehr aufzählen kann, wenn man über ihre Benutzung oder ihren Werth in der Oekonomie der Natur nichts angeben kann? Wozu frommt es, eine Fliege mit perlfarbenem Steissfleck von einer ähnlichen mit kreideweissem Fleck auf demselben edlen Körpertheil sorgsam unterscheiden, mit gelehrten Kunstwörtern beschreiben, und prächtig in Kupfer stechen? Das kann doch nur Werth haben, wenn es als Mittel zu einem anderen, wahren Gewinn gebenden Zweck dient!

„So ist denn das Systema naturae, anfangs als segensreiche Quelle aus der Hand seines Schöpfers hervorgegangen, dann, angeschwollen durch unübersehbare Zuflüsse, verunreinigt durch unerforschliche Irrthümer, ein Strom geworden, der alle Arbeit der Naturforscher zu vernichten droht. Die Nachwelt wird es nicht glauben, dass unser Zeit-

Blick erkannte vollkommen richtig das Grundübel, welches diese chao-

---

alter so hingerissen sein konnte für dieses Verzeichniss der Arten, ohne Rechenschaft ablegen zu können, *was überhaupt eine „Art" der organischen Körper sei.* So paradox es klingt, so kann ich doch nicht umhin, es als meine Ueberzeugung auszusprechen, dass in unseren Tagen Niemand dies vermöge. Ich habe mich bemüht, die Definition hierüber bei den berühmtesten Botanikern und Zoologen aufzusuchen. Statt sie einzeln anzuführen, bemerke ich, dass sie sich sämmtlich auf folgende drei Hauptbestimmungen zurückführen lassen: I. *Was sich unter einander befruchten kann, bildet eine Art.* Diese Bestimmung beruht auf der Erfahrung, dass gewöhnlich nur lebende Wesen von demselben äusseren und inneren Bau sich paaren, eine Erfahrung, die nicht mehr als entscheidend angesehen werden kann, *seitdem die Beobachtungen vom Gegentheil sich zu häufen anfangen."* (Hierauf zählt Bär zahlreiche sicher constatirte Beispiele von fruchtbarer Paarung verschiedener Arten und unzweifelhafter Bastardzeugung auf [l. c. S. 26, 27].) „II. Die Bemerkung, dass äussere Verhältnisse, als Lebensart, Clima u. s. w. die Form der Pflanzen und Thiere ein wenig verändern, diese Modificationen aber bei veränderten äusseren Verhältnissen sich wieder verlieren, gab zu einer anderen Begränzung der Arten Veranlassung. „„*Species tot numeramus, quot diversae formae a principio sunt creatae.*"" Abgesehen davon, dass fruchtbare Bastardzeugung dabei stillschweigend geleugnet wird, *nimmt man als ausgemacht an, was erst erwiesen werden sollte,* dass alle Pflanzen und Thiere, wie wir sie jetzt kennen, ursprünglich entstanden, nicht Umänderungen früher bestehender Formen sind. III. *Organische Körper, die in wesentlichen Merkmalen mit einander übereinstimmen, muss man zu einer Art zählen,* wenn sich auch Verschiedenheiten in unwesentlichen Dingen, als Farbe, Grösse u. s. w. finden. So lange aber dieser Satz nicht bestimmter ausgedrückt werden kann, ist er nicht im Stande, eine Norm für die Praxis abzugeben; denn da „„Wesentlich"" und „„weniger Wesentlich"" relativ ist, so bleibt es immer der Willkür der Naturforscher überlassen, wie weit sie die Grenzen der Species ausdehnen wollen.

„Gesetzt aber auch, diese oder eines der früher berührten Kennzeichen für Species wären wahr, so sind sie doch meistens nicht anwendbar bei Aufstellung neuer Arten, und lassen daher fast immer ungewiss. In der That scheint die Natur mit ihren Forschern ein Spiel zu treiben, da diese gerade in den gewöhnlichsten Dingen die grössten Schwierigkeiten finden. Für die tausendjährigen treuen Begleiter des Menschen-Geschlechts, die Hausthiere und Getreide-Arten, wollen sich die specifischen Charaktere immer noch nicht fest bestimmen lassen. Welches ist die Diagnose des Hundes? Warum sollen die Dogge und das Windspiel zu einer Art gehören, wenn man den Unterschied der Katzen-Arten nach den Flecken der Haut bestimmt? Die Hunde pflanzen sich alle unter einander fort, antwortet man. Ist aber der Versuch mit dem Jaguar und Panther auch gemacht worden?

„Aus dem bisher Gesagten lässt sich wohl die allgemeine Folgerung ziehen, dass *wir auf dem Wege der blossen Beobachtung nicht tief ins Innere der Natur dringen können, und dass, um richtig beobachten zu können, wir einer Einsicht in die Gesetze der organischen Bildung, als eines leitenden Princips bedürfen.* Aus den endlosen Versuchen, *auf empirischem Wege* zu einer allgemein gültigen Bestimmung des Umfangs der Arten zu gelangen, und den vielen Reden und Gegenreden darüber sollte man sich endlich überzeugen, *dass auf diesem Wege das Ziel nicht zu erreichen ist, und dass nur die Speculation* (die jedoch, *wie überall in der Naturwissenschaft,* der Beobachtung als Materials nicht entbehren darf) *uns die richtige Erkenntniss geben kann."* C. E. v. *Bär,* Zwei Worte über den jetzigen Zustand der Naturgeschichte. Königsberg 1821.

tische Confusion herbeigeführt hatte, den Mangel einer gesunden Speculation, einer klaren und logischen Synthese der analytisch gesammelten empirischen Beobachtungen. Seit jener Zeit ist aber dieses Uebel in beständiger Zunahme gewachsen, und seine damaligen Vorwürfe gelten heute in verstärktem Maasse. Der Grundirrthum der meisten Morphologen liegt noch heutigen Tages, ebenso bei anderen allgemeinen Fragen, wie bei der Species-Frage, darin, dass sie glauben, auf rein empirischem Wege und ohne philosophische Verstandes-Operationen, zu allgemeinen Resultaten und zu klaren Begriffsbestimmungen gelangen zu können. Die Vernachlässigung der Philosophie und die gedankenlose Anhäufung unverbundenen empirischen Roh-Materials rächt sich hier auf das empfindlichste und bringt die unsinnigsten Aeusserungen zu Tage. Viele Zoologen scheinen wirklich zu glauben, dass sie in ihren Museen Urtheile in Weingeist und ausgestopfte Begriffe besitzen, und ebenso scheinen viele Botaniker in dem glücklichen Wahne zu leben, dass ihre Herbarien nicht concrete Pflanzen-Individuen, sondern unter der Pflanzen-Presse getrocknete Begriffe und Urtheile enthalten[1]).

Alles, was wir in unserer methodologischen Einleitung (Bd. I, S. 63) über die nothwendige Wechselwirkung von Empirie und Philosophie, und über die Unentbehrlichkeit streng philosophischer Gehirn-Thätigkeit für jede zunächst bloss sinnlich vermittelte naturwissenschaftliche Untersuchung bemerkt haben, gilt in ganz besonderem Grade für die Species-Frage. Die verkehrten Vorstellungen und die gänzlich unwissenschaftlichen Arbeiten der meisten sogenannten „reinen Systematiker" beweisen dies auf das deutlichste. Obgleich diese Species-Fabrikanten mit Unterscheidung und Benennung der Arten ihr ganzes Leben zubringen, sind die meisten dennoch ganz ausser Stande, zu sagen, was sie selbst sich eigentlich unter „Species" denken. In ihren Versuchen, den Begriff derselben zu bestimmen, springt schlagend der unendliche Nachtheil in die Augen, welcher der einseitige Cultus der nackten Empirie und die völlige Vernachlässigung der Philosophie hervorrufen, Fehler, die neuerdings immer allgemeiner werden. Wir wiederholen ausdrücklich, dass Empirie ohne Philosophie ebenso wenig „Wissenschaft" ist, als Philosophie ohne Empirie. Ein Berg von empirischen Thatsachen ohne verbindende Gedanken ist ein wüster Steinhaufen. Ein künstliches System von philosophischen Gedanken ohne die reale Basis der thatsächlichen Erfahrung ist ein Luftschloss. Weder jener, noch dieses ist ein massives wissenschaftliches Lehrgebäude. Wie wir also den

[1]) Als hervorragende Beispiele der beschränktesten Auffassung in dieser Beziehung verdienen vorzüglich die einschlagenden Arbeiten von Andreas Wagner hervorgehoben zu werden, z. B. sein Vortrag „zur Feststellung des Artbegriffes" in den Sitzungsberichten der Münchener Akademie, 1861, S. 308.

rein speculativen Philosophen dringendst die Erwerbung reicher empirischer Kenntnisse, so müssen wir den rein empirischen Naturforschern eben so dringend die Erwerbung philosophischen Verständnisses ans Herz legen. Wohin die Vernachlässigung des letzteren führt, zeigen uns die gedankenlosen und ohne jedes scharfe Urtheil, ohne jeden klaren Begriff geschriebenen Angriffe der sogenannten „exacten Empiriker" auf die Descendenz-Theorie und ihre Versuche, die Species als einen „rein empirischen Begriff" zu bestimmen [1]).

Dass bei der Begriffsbestimmung der Species der unerlässliche Compass der strengen philosophischen Methode ebenso wenig als bei allen anderen allgemeinen naturwissenschaftlichen Bestrebungen zu entbehren ist, hat nächst Bär besonders Schleiden hervorgehoben, welcher auf dem Gebiete der Botanik ebenso, wie der erstere auf dem der Zoologie, die grössten Verdienste um eine denkende und klare Behandlung der wichtigsten allgemeinen Probleme, und so auch dieser fundamentalen Frage hat. Schleiden hat insbesondere über die Beziehung der Species-Frage zu dem allgemeinen philosophischen Gesetze der Specification eine so treffliche Erörterung gegeben, dass wir die-

---

[1]) Wir führen hier statt unzähliger Beispiele nur eines aus neuester Zeit an. Nach Giebel „spricht die Darwinsche Theorie allen zoologischen Thatsachen Hohn. Sie will reine Begriffe, Ideen materialisiren, denn die Arten, die Gattungen, die Familien, die Classen existiren im System nur begrifflich, bloss ideell als Typen, und sie sollen nach Darwin als materielle Individuen in der Urzeit existirt haben; wie nirgends in der Vorwelt Misch- oder Uebergangs-Gestalten sich finden, so fehlen dieselben auch in der heutigen Pflanzen- und Thier-Reihe. — Man glaube doch nicht, dass man in den paar Merkmalen, welche unsere Balggelehrten in eine zwei Zeilen lange Diagnose zur Charakteristik ihrer Arten und Gattungen zusammenfassen, schon die ganze Wesenheit, den vollen Begriff der Arten oder Gattungen habe. — Die Darwinsche Theorie materialisirt in der plattesten Weise die abstractesten Begriffe der systematischen Zoologie und sieht in ihrer Blindheit nicht, dass diese Begriffe, diese specifischen, generischen u. s. w. Wesenheiten wirklich realiter sichtbar und handgreiflich existiren; die Entwickelungsgeschichte zeigt sie jedem, der sie sehen und verstehen kann. — Für uns gehört die Darwinsche Theorie mit der Tischrückerei und dem Od in ein und dasselbe Gebiet." (!!!) Giebel, Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften, Bd. XXVII, 1866, p. 53.

Ein Commentar zu diesem erheiternden Verdammungs-Urtheil ist überflüssig. Man sieht, dass der Verfasser weder von „Typus", noch von „Wesenheit", weder von „Idealem", noch von „Realem" irgend eine klare Vorstellung besitzt. Er hat weder einen Begriff vom „Begriff", noch eine Idee von der „Idee". Alles geht bunt durch einander. Und doch ist dieser confuse Wirrwarr noch lange nicht das Schlimmste! Wir führen ihn nur deshalb an, weil Giebel gewiss zu den „kenntnissreichsten" Zoologen gehört, und sowohl „paläontologische" als „zoologische" Namen und Formen in bewundernswürdiger Masse im Kopfe hat. Nur Schade, dass diese Namen keine Begriffe und diese Formen keine Vorstellungen sind! Dies Beispiel zeigt schlagend, dass auch die grösste Masse von thatsächlichen „Kenntnissen" nichts hilft, wenn dieselbe als rohe und unbehauene Bausteine unverbunden neben einander liegen, und wenn jede philosophische Verbindung von Begriffen ebenso wie jede klare Begriffs-Bildung selbst fehlt.

selbe hier wörtlich folgen lassen [1]): „Fragen wir nach dem charakteristischen Merkmale des Begriffs „Art“ bei organischen Wesen, so kann uns nur folgende Betrachtung leiten. Das Gesetz der Specification ist eigentlich subjectiven Ursprungs; in der Art und Weise, wie sich nothwendig unsere Begriffe und Abstractionen bilden, liegt der Grund, weshalb wir nach allgemeinen Merkmalen Arten und Geschlechter als Gegenstände unserer geistigen Thätigkeit festhalten müssen, und denkend niemals zum Einzelwesen kommen können, welches nur anschaulich durch die bestimmte Eingrenzung in Raum und Zeit, durch das „Hier“ erkannt wird. Dieses subjectiven Ursprungs wegen würde aber das Gesetz der Specification für unsere wissenschaftliche Naturerkenntniss ohne alle Bedeutung bleiben, wenn uns nicht die Natur entgegenkäme, und der subjectiven Auffassungsweise durch die Erfahrung objective Gültigkeit verschaffte. Das Individuum ist vergänglich, und mithin Alles, was von ihm allein gilt; es ist nur anschaulich für jeden Einzelnen zu erfassen, und nicht durch Begriffe mittheilbar; die Wissenschaft aber ist bedingt durch die Andauer ihres Objects, weil davon ihre allmähliche Entwickelung, also ihre Wirklichkeit abhängt, und durch die Mittheilbarkeit ihres Inhalts, weil sie aufhört, Wissenschaft und fortbildungsfähig zu sein, wenn sie im einzelnen Menschen beschlossen bleibt, also mit ihm untergeht. Wir müssen hier also auf irgend eine Weise, selbst mit dem Bewusstsein, dass es nur eine vorläufige Aushülfe sei, dieser Anforderung an die Anwendung des Gesetzes der Specification Genüge leisten. Die schärfste Bestimmung des Artbegriffs wäre eigentlich folgende: „„Zu Einer Art gehören alle Individuen, die, abgesehen von Ort und Zeit, unter völlig gleichen Verhältnissen auch völlig gleiche Merkmale zeigen.““ Es ist uns aber für die wenigsten Fälle vergönnt, dies Princip in der Artbestimmung geltend zu machen, am allerwenigsten aber bei den Organismen, bei denen die Bedingungen ihrer Existenz so mannichfaltig und verwickelt sind, dass wir sie niemals alle beherrschen, und daher niemals völlige Gleichheit der Verhältnisse herstellen können. Halten wir auch hier die Wichtigkeit der Entwickelungsgeschichte als Princip der Botanik fest, so können wir den Begriff der Pflanzenart nur darin suchen, dass in der Zeitfolge eine gewisse Gruppe von Merkmalen sich constant und gleich erweise; diese Constanz muss aber bei den Pflanzen sich über das nicht andauernde Individuum, also durch mehrere Generationen, fortsetzen; was daher nicht nach seiner Abstammung von anderen Individuen erkannt werden kann, ist auch gar nicht als Pflanzenart zu bestimmen, und desshalb fällt Alles, was durch Urzeugung und selbst durch ein-

[1]) Schleiden, Grundzüge der wissenschaftl. Botanik. III. Aufl. II. Bd. S. 515.

malige, sich nicht in folgenden Generationen wiederholende Zeugung entsteht, nicht unter den Begriff einer Pflanzen-Art, obschon es anderweitig als Naturkörper auch seine specifische Bestimmung finden muss." Zu diesen letzteren, in der That eigentlich keine Arten bildenden Organismen gehören nach unserer Auffassung viele einfachste Formen des Protisten-Reiches. Wollte man bei diesen, und namentlich bei den autogonen Moneren von Arten reden, so könnte man sie oft nicht nach der Form, sondern nur nach der chemischen Constitution und nach etwaigen untergeordneten physiologischen Eigenschaften unterscheiden. Ueberhaupt sind bei vielen Gruppen niederster Organismen Art-Unterschiede sehr viel schwerer festzustellen, als bei den meisten höheren, weil die Constanz der Merkmale überhaupt hier noch nicht zur Geltung gelangt ist. Neuerdings hat z. B. für die Polythalamien Carpenter nachgewiesen, dass man bei ihnen eigentlich gar keine Species in dem Sinne, wie bei den höheren Organismen unterscheiden könne. Sobald man überhaupt die Grundsätze der Species-Bestimmung bei den niederen und höheren Gruppen verschiedener Stämme kritisch vergleicht, wird man gewahr, dass dieselben allerwärts verschiedene sind, und nach der Natur des Gegenstandes verschiedene sein müssen.

Bei der ausnehmenden Wichtigkeit, welche die klare Erkenntniss dieses Verhältnisses für die richtige Beurtheilung der gesammten Systematik, und der von ihr geübten Specification und Classification hat, wollen wir nachstehend den Unterschied zwischen der morphologischen, physiologischen und genealogischen Begriffsbestimmung der Species noch näher beleuchten.

II. Der morphologische Begriff der Species.

Die praktische Unterscheidung und Benennung der Arten, wie sie von der botanischen und zoologischen Systematik allgemein geübt wird, gründet sich ganz vorwiegend auf die Erkenntniss morphologischer, und nicht physiologischer Differenzen, welche zwischen den verglichenen ähnlichen Formen sich auffinden lassen. Jeder Blick auf die kurz gefassten Diagnosen, oder die ausführlicheren Beschreibungen, durch welche in den systematischen Handbüchern und Monographieen die verschiedenen Arten einer Gattung getrennt werden, lehrt uns, dass dasjenige Moment, welches man in der systematischen Praxis durchgängig und fast allein zur Feststellung und Unterscheidung der Species benutzt, die Vergleichung und Wägung der morphologischen Charaktere ist. Dass dieses morphologische Princip allein, mit völliger Beiseitlassung des gemeinsamen Abstammungs-Princips, und ohne Rücksicht auf das physiologische Princip der fruchtbaren Fortpflanzungsfähigkeit, die Systematiker bei ihrer analytischen Species-Bestimmung

leitet, muss allgemein zugegeben werden. Eben so sicher ist es aber auch, dass die meisten Systematiker nicht im Stande sind, anzugeben, welche Rücksichten sie hierbei als maassgebende Richtschnur im Auge haben, und worin das Wesen der „specifischen Form-Charaktere“ besteht. Sehr Wenige nur haben sich die Mühe genommen, hierüber nachzudenken, und unter diesen ist vor Allen Louis Agassiz hervorzuheben.

Von den meisten anderen Naturforschern abweichend, erklärt Agassiz die Species für eine ebenso ideale Wesenheit *(„ideal entity“)*, als die übergeordneten Begriffe der Gattung, Familie, Ordnung, Classe und Typus. Alle diese idealen Einheiten sind in der Natur realisirt, sind verkörperte Schöpfungs-Gedanken. Die Charaktere, durch welche sich diese verschiedenen, stufenweise sich erhebenden Kategorieen unterscheiden, sind von verschiedener Qualität. Die Unterschiede der Species [1]) betreffen das Verhältniss der einzelnen Körpertheile zu einander, sowie die absolute Grösse des ganzen Thiers, ferner die Färbung und allgemeine Verzierung der Körperoberfläche, endlich die Beziehungen der Individuen zu einander und zur umgebenden Welt. Die Species wird durch eine gewisse Menge von Individuen repräsentirt, die als solche in engster Beziehung zu einander stehen, niemals aber durch ein einzelnes Individuum. Denn keines der zu einer Species gehörigen Individuen bietet alle charakteristischen Merkmale dieser Species dar. Durch diese Auffassung nimmt Agassiz dem Species-Begriffe die absolute Starrheit, die er in den Augen der meisten Systematiker besitzt, und stellt ihn als eine subjective Kategorie, einen Collectiv-Begriff hin, der ebenso viel objective Begründung in der Natur, und nicht mehr besitzt, als die höhern Begriffe der Gattung, Ordnung, Klasse u. s. w. Wenn wir nun aber die morphologischen, oder richtiger anatomischen, Kriterien näher betrachten, welche Agassiz als „specifische“ Merkmale κατ᾽ ἐξοχήν betrachtet, die absolute Grösse und das Verhältniss der einzelnen Körpertheile zu einander, die Farbe und die allgemeine Verzierung der Körperoberfläche, so ergiebt sich, dass diese zwar in vielen, aber bei weitem nicht in allen Fällen bestimmend sind. Oft sind dieselben Merkmale kaum genügend, zwei anerkannte Varietäten zu unterscheiden, während sie anderemale selbst zur Unterscheidung „guter“ Genera für ausreichend erachtet werden. Andrerseits

[1]) „What is now the nature of these differences, by which we distinguish Species? They are totally distinct from any of the categories on which Genera, Families, Orders, Classes or Branches are founded, and may readly be reduced to a few heads. They are differences in the proportion of the parts and in the absolute size of the whole animal, in the color and general ornamentation of the surface of the body, and in the relations of the individuals to one another and to the world around.“ Agassiz, Methods of study of natural history. Boston 1863, p. 138.

braucht man bloss eine Reihe beliebiger Species-Gruppen aus verschiedenen Hauptabtheilungen des Pflanzen- oder Thierreichs mit einander zu vergleichen, und auf diesen Punkt zu untersuchen, und man wird sehen, dass Charaktere von der allerverschiedensten Qualität zur Unterscheidung benutzt werden.

Die wenigen, von Agassiz und anderen gemachten Versuche, das Wesen und Gewicht der unterscheidenden morphologischen Species-Charaktere schärfer zu bestimmen, und dadurch bei der praktischen Unterscheidung der Species zu einer sicheren Grundlage zu gelangen, sind auch bei der systematischen Praxis zu keiner allgemeinen Geltung gelangt. Wenden wir uns von diesen mehr oder minder missglückten Versuchen zu der Betrachtung der zoologischen und botanischen Praxis, wie sie von den Systematikern täglich bei der Unterscheidung, Benennung und Bestimmung der Arten geübt wird, so zeigt sich bald, dass die meisten Systematiker sich dabei wesentlich von einem gewissen praktischen Tacte leiten lassen. Höchstens kömmt bei den kritischer Verfahrenden hie und da eine bestimmte Maxime von ziemlich vager Natur zur Anwendung. Eine der am weitesten verbreiteten derartigen Maximen oder Bestimmungsregeln ist der Satz: „Zu einer Art gehören alle Individuen, die in allen wesentlichen Merkmalen übereinstimmen.“ Indessen ist nur bei einer geringen Zahl der niedrigsten Organismen diese Behauptung ohne Weiteres richtig. Bei den allermeisten dagegen umfasst der Speciesbegriff nicht eine einzige Form, sondern eine ganze Entwickelungsreihe verschiedener Formen, nämlich den Zeugungskreis, die Formenkette, die das Individuum vom Momente seiner Entstehung an bis zu seinem Tode durchläuft. Es müssen also die verschiedenen Jugendzustände berücksichtigt werden, die oft sehr abweichend von den Erwachsenen sich verhalten, und bei denjenigen, die einer Metamorphose unterworfen sind, die verschiedenen Larven-Zustände, die das Individuum durchläuft. Gleicherweise sind bei den der Metagenesis unterworfenen Arten die verschiedenen Generationen zu berücksichtigen. Wie oft sind aber nicht, lediglich aus Nichtberücksichtigung dieses so einfachen Verhältnisses, abweichend gebildete Jugendformen, Larven und Ammen als eigene Species, wie oft als Glieder weit entfernter Familien oder selbst Classen beschrieben worden! Wer hätte bei der paradoxen Form des *Pluteus* gedacht, dass er die Amme einer Ophiure sei, bei *Pilidium*, dass es zu einem Nemertes gehöre, bei *Phyllosoma*, dass es die Larve von *Palinurus* sei? Wie oft sind selbst bei den höheren Wirbelthieren eigenthümlich gefärbte Jugendformen als besondere Arten beschrieben worden! Wie zahlreich sind in der Abtheilung der Würmer, der Crustaceen, der Mollusken die Beispiele von zusammengehörigen Larven und reifen Formen, die man früher als ganz verschiedene Species beschrieben und

erst vor Kurzem als himmelweit verschiedene Zustände eines Individuums entdeckt hat!

Nicht minder wesentlich, als die Formverschiedenheiten der zusammengehörigen Entwickelungsstadien eines und desselben Individuums, sind die Gestaltdifferenzen, welche zwischen den verschiedenen polymorphen Individuen einer und derselben Species sich vorfinden. Auch diese sind unendlich oft in der systematischen Praxis nicht berücksichtigt worden und daraus zahllose Irrthümer entsprungen. Wie oft sind nicht allein die beiden zusammengehörigen Geschlechter einer einzigen Species als verschiedene Arten beschrieben worden! Freilich sind die Verschiedenheiten der beiden zusammengehörigen Geschlechts-Bionten in vielen Fällen von weitgehendem sexuellen Dimorphismus auch der Art, dass dieselben fast in gar keinem „wesentlichen" Merkmale mehr übereinstimmen. Man denke nur an die parasitenähnlichen Männchen vieler niederer Crustaceen und der Rotatorien!

Schon aus diesen wenigen Erwägungen geht hervor, wie ungenügend die vielfach angewendete Definition ist, dass „die Species der Complex aller Individuen sei, die in allen wesentlichen Merkmalen übereinstimmen". Um ein naturgemässes Bild von der Species zu erhalten, ist es durchaus nothwendig, alle die erwähnten, oft so weit divergirenden Gestalten ihres Formenkreises in Betracht zu ziehen. Auch ist in der That diese Nothwendigkeit von den besseren Systematikern in ihrer analytischen Praxis mehr oder weniger unbewusst anerkannt und gewürdigt worden und man hat also ausser den anatomischen auch die ontogenetischen Formen zugleich mit berücksichtigt. Sehr oft ist dies aber auch nicht geschehen und sehr oft konnte es nicht geschehen. Und wie viel Irrthum und Verwirrung ist daraus für die Systematik entsprungen! Wie viel verschiedene Jugendzustände, Larven, Ammen, dimorphe Geschlechts-Individuen und polymorphe differenzirte Gesellschafts-Individuen sind nicht als selbstständige Arten beschrieben worden!

Lassen wir indessen diesen, oft unvermeidlichen Fehler bei Seite, und verfolgen wir weiter den Systematiker in seiner praktischen Arbeit, wie er die Species unterscheidet, bestimmt, benennt, ordnet und für das System zurecht macht. Sehen wir dabei ab von den möglichen Irrungen, die durch die verschiedenen Jugendformen, die Geschlechts-Differenzen, den oft so weit abweichenden Generations-Wechsel innerhalb einer und derselben Art vorkommen können, und nehmen wir an, dass geschlechtsreife Individuen beider Geschlechter oder doch wenigstens ausgewachsene und geschlechtsreife Männchen (die gewöhnlich bei Feststellung des Speciescharakters bevorzugt werden) von vielen verschiedenen Arten zur Untersuchung vorliegen. Nach welchen Regeln, aus welchen Gesichtspunkten sucht der Systematiker die un-

terscheidenden Merkmale aufzufinden und festzustellen? Giebt es überhaupt für diesen Zweck feste leitende Gründsätze? Nicht im Mindesten! das Geschäft wird vielmehr rein empirisch betrieben! Als die entscheidenden und die wichtigsten Species-Charaktere gelten allein die constantesten, d. h. diejenigen, die am wenigsten bei den am meisten sich ähnlichen Individuen variiren, und die bei diesen Allen vorkommen, wärend sie bei einer Anzahl anderer, ebenfalls ähnlicher Individuen, die aber eine besondere Art bilden sollen, constant fehlen. Offenbar bewegt man sich hier aber (und es geschieht unendlich oft) in einem vollkommenen Cirkelschluss. Einmal fordert man, dass der Artbegriff alle diejenigen Individuen umfasse, die in allen „wesentlichen" Merkmalen übereinstimmen, und dann wieder hält man nur diejenigen Merkmale für „wesentlich", welche man in allen untersuchten Individuen, die eine sogenannte „gute Art" zusammensetzen sollen, constant vorfindet. Mit anderen Worten lautet dieser sehr beliebte Cirkelschluss: „Jede Art wird charakterisirt durch die Constanz der Merkmale; constante Merkmale aber sind solche, die sich bei allen Individuen einer Art vorfinden." Jeder aufrichtige Naturforscher muss zugeben, dass das „Wesentliche" des Speciescharakters nichts Anderes ist, als seine Constanz, und dass man umgekehrt nur eben die constanten Merkmale als wesentliche ansieht. Dieselben deutlich ausgeprägten Artmerkmale, wie z. B. relative Länge der Extremitäten, Färbung des Haars, Zahl der Zähne, welche in der einen Gattung allgemein zur Unterscheidung ihrer Arten benutzt werden, weil sie hier sehr constant sind und wenig variiren, können in einem andern nahe verwandten Genus nicht zur Diagnose der Species dienen, weil sie hier vielfach abändern und nicht constant sind. Hier sucht man sich dann andere Merkmale heraus, die constanter sind, die aber in der ersten Gattung nicht gelten konnten, weil sie dort variirten. Die Qualität der unterscheidenden Merkmale ist also niemals das für eine Art Charakteristische, sondern ihre Constanz, und dieselben Unterschiede, auf welche man in der einen Formen-Gruppe Gattungen oder selbst Familien gründet, reichen in anderen nicht aus, um nur die Arten zu unterscheiden. Die unbedeutendsten, geringfügigsten Merkmale, ein paar bunte Flecke oder ein Haarbüschel oder eine nackte Hautstelle auf dem Fell eines Säugethiers gelten aber als vollkommen genügende „gute" Charaktere, wenn sie zufällig bei allen jetzt zur Untersuchung vorliegenden Individuen übereinstimmend vorkommen, und wenn sie allen Individuen von sonst nächstverwandten Arten, die vielleicht aus einer andern Gegend stammen, fehlen. Auf dieses letztere Moment, den geographischen Verbreitungs-Bezirk, wird dabei oft unbewusst grosses Gewicht gelegt. Zwei kaum verschiedene Formen gelten oft als zwei gute Arten, wenn sie aus zwei entfernten und nicht zusammenhängenden Gegenden stammen,

während Jedermann dieselben nur als untergeordnete Varietäten einer und derselben Art betrachten würde, wenn sie in derselben Gegend gemischt vorkämen. Derartige secundäre Erwägungen sind auch bei Unterscheidung der fossilen Thierformen oft fast allein maassgebend. Sehr oft werden hier zwei kaum zu unterscheidende Formen als zwei gute Arten angenommen, weil sie in zwei weit auseinanderliegenden Formationen gefunden wurden, während sie in den dazwischen liegenden fehlten. Würden beide Arten in einer und derselben Formation vereinigt vorkommen, so würden sie nur für eine einzige Art gelten. In der Paläontologie ist man überhaupt mit Unterscheidung und Benennung der Arten noch weit gedankenloser und unvorsichtiger vorgegangen, als bei der Diagnostik der lebenden Formen, obwohl gerade bei der Unvollständigkeit der fossilen Reste scharfe Kritik doppelt nöthig wäre. Vergleicht man wägend ihrem Werthe nach die Differential-Charaktere, durch welche fossile Species, mit denjenigen, durch welche lebende Species unterschieden werden, so wird man sehr oft finden, dass höchst minutiöse Charaktere bei den ersteren schon als vollkommen ausreichend zur specifischen Unterscheidung zweier Arten angesehen werden, welche bei den letzteren nicht für genügend gelten würden, um nur zwei verschiedene Varietäten einer Art darauf zu basiren.

Untersucht man nun aber näher die sogenannten „guten", d. h. wesentlichen oder constanten Charaktere der Arten, indem man eine grössere Anzahl von Individuen sorgfältig vergleicht, so findet man in der Regel bald, dass auch diese angebliche Constanz niemals absolut ist, dass vielmehr auch sie einen gewissen, wenn auch nur geringen Spielraum von Abänderung zulässt; unter einer grossen Zahl kaum zu unterscheidender Individuen wird man dann meistens einige Wenige treffen, die doch die wesentlichen Artmerkmale weniger deutlich und scharf ausgeprägt zeigen, als die grosse Mehrzahl der Uebrigen. Gerade diese aber, die weniger scharf bestimmten Grenzformen, die häufig Mittelstufen und Uebergangsbildungen zu nahe verwandten Arten herstellen, sind bisher überwiegend vernachlässigt worden. In dem vorherrschenden Bestreben, die Arten durch möglichst scharfe Charaktere von einander zu trennen und die einzelnen Species-Diagnosen klar von einander abzusetzen, hat man das ganze Gewicht auf die, oft sehr geringfügigen, Unterschiede gelegt und dagegen das Gemeinsame der Erscheinungen in den Hintergrund gedrängt und nicht berücksichtigt. So ist es denn gekommen, dass in unseren Systemen sich überall die einzelnen Arten weit schärfer und klarer von einander abheben, als es in der Natur der Fall ist. Fast bei allen Gruppen von Organismen haben sich deshalb die besseren und gewissenhafteren Systematiker genöthigt gesehen, von denjenigen Arten, die genauer

bekannt und in sehr zahlreichen Exemplaren untersucht sind, und namentlich von denjenigen, welche einen sehr grossen Verbreitungsbezirk besitzen, die abweichenderen Individuen, welche die specifischen Charaktere mehr oder weniger modificirt zeigen, oder sich als mehr oder minder entschiedene Uebergangsbildungen zu verwandten Arten hinneigen, als besondere Unterarten (Subspecies) oder Spielarten (Varietates) zu beschreiben. Das genauere Studium derselben ist aber bisher überwiegend vernachlässigt worden, weil sie dem Schematismus des Systemes Abbruch thun. Und doch sind sie gerade von der höchsten Bedeutung für das Verständniss der natürlichen Verwandtschaft. In vollständiger Verkennung der letzteren hat man immer nur den Hauptnachdruck auf die sogenannten „typischen" Individuen der Art gelegt, die weniger ausgesprochen charakterisirten Varietäten dagegen bei Seite geschoben.

Befriedigende Definitionen von dem Begriffe der Subspecies und Varietät existiren eben so wenig, als von dem der Species, und sie können auch in der That eben so wenig gegeben werden. Wie bei den theoretischen Begriffsbestimmungen der Art, hat man sich auch bei denjenigen der Spielart theils auf die sichtliche Differenz gewisser morphologischer Charaktere, theils auf das genetische und physiologische Verhalten derselben zu einander gestützt. Was die Merkmale betrifft, durch welche Subspecies oder Varietäten sich untereinander und von der übergeordneten Art unterscheiden, so sollen dieselben niemals so „wesentlich" sein, als die diagnostischen Differenzen, welche Species zu scheiden vermögen. Auch hier wieder zeigt sich bei genauer Betrachtung, dass der Begriff des „Wesentlichen" nichts mit der Qualität der Charaktere zu thun hat, sondern nur mit deren Constanz. Und in der That wird meistens in der Praxis die Varietät dadurch als solche erkannt und bestimmt, dass ihre ausgezeichneten Merkmale variabler sind, und bedeutenderen und häufigeren individuellen Abänderungen unterliegen, als es bei den Species der Fall ist. Daher kommt es, das die Meinungen fast aller Forscher über die Grenzbestimmung zwischen Art und Abart so unendlich weit in der Praxis auseinandergehen. In der genau bekannten Vogel-Fauna von Deutschland unterscheidet Bechstein 367, L. Reichenbach 379, Meyer und Wolf 406, und Brehm mehr als 900 verschiedene Arten. Die Vögel Europa's dagegen vertheilt Blasius auf 490, Schinz auf 520, und Bonaparte auf 530 Species! Die verschiedenen Formen von *Hieracium* in Deutschland werden von einigen Botanikern auf mehr als dreihundert Arten vertheilt. Fries zählt deren aber nur 106, Koch 52, und noch Andere kaum zwanzig! Diese paar Beispiele zeigen, wie es auf diesem Gebiete überall aussieht. Der Formenkreis einer sehr variablen Art kann ausserordentlich gross sein, so dass die extremsten Formen durch Summe

und Qualität der Charaktere viel weiter auseinander stehen, als sonst verschiedene Arten einer Gattung oder verschiedene Gattungen einer Ordnung. Sie werden aber von allen Forschern als zu einer einzigen Art gehörig angesehen, wenn sie durch eine zusammenhängende Reihe fein abgestufter Zwischenformen continuirlich verbunden sind, oder sobald sich die Abstammung von der gemeinsamen Stammart empirisch erweisen lässt. Ist dies aber nicht der Fall oder fehlen alle Zwischenformen zwischen zwei, auch nur durch einen geringfügigen (aber constanten) Charakter getrennten, nächstverwandten Zwischenformen, so werden dieselben als „gute Arten“ betrachtet. In der Regel werden dann auch noch die verbindenden Uebergangsformen bei Seite geschoben und als „zufällige“ Abweichungen ignorirt, wenn dieselben selten sind; kommen sie aber häufig vor, so steigt allein aus diesem Grunde ihr Werth so sehr, dass sie nun für die Zusammengehörigkeit der verschiedenen Formen zu einer Art entscheiden.

Von der Varietät, Abart oder Spielart nicht scharf zu unterscheiden ist der Begriff der Subspecies oder Unterart, der auch nur selten angewandt wird. Er soll einen geringeren Grad der Schwankung des Charakters andeuten, so dass also die unterscheidenden Merkmale zweier Subspecies weniger constant, als bei der übergeordneten Art, weniger veränderlich, als bei den ihnen untergeordneten Abarten sind. Mit anderen Worten, die Unterschiede zwischen zwei Subspecies sind „wesentlicher“ als bei zwei Varietäten, weniger „wesentlich“, als bei zwei Arten. Es liegt auf der Hand, dass auch diese Bestimmung vollkommen willkührlich und ihre Anwendung ganz dem Gutdünken des Autors anheimgegeben ist. Nicht anders verhält es sich mit dem Begriff der Rasse. Man liebt es zwar, diese Bezeichnung vorzugsweis für die im Culturzustande durch die künstliche Zuchtwahl des Menschen entstandenen, und besonders für die durch längere Zeit bereits befestigten Varietäten und Subspecies zu gebrauchen. Indessen haben wir schon oben gezeigt, dass zwischen den Producten der natürlichen und der künstlichen Züchtung ebenso wie zwischen ihrer Wirkungsweise, durchaus kein qualitativer, sondern nur ein quantitativer Unterschied existirt. Es ist eben so wenig von der Rasse als von der Varietät und Subspecies möglich, irgend eine scharfe und allgemein gültige Definition zu geben. Will man diese Begriffe als mehrere verschiedene, dem Speciesbegriffe untergeordnete Kategorieen des Systems beibehalten, so kann man sie mit Nutzen nur verwenden, um dadurch verschiedene Grade in der Constanz der wesentlichen Differentialcharaktere zu bezeichnen, so dass also die Varietät den höchsten, die Rasse den mittleren, die Subspecies den niedersten Grad der Veränderlichkeit anzeigt.

Wir sehen also, dass es mit der Begriffsbestimmung der Unter-

art (Subspecies), Rasse und Abart (Varietas), wenn man bloss die unwesentlichen, d. h. die nicht constanten Charaktere zur Unterscheidung derselben von der mit wesentlichen (constanten) Merkmalen ausgestatteten Art (Species) benutzen will, ebenso schlimm steht, wie mit dieser letzteren selbst. Denn es giebt eben keine absolut constanten Unterschiede in der Grösse, Farbe, Form derjenigen Theile, die man zur Species-Diagnostik benutzt. Alle diese Merkmale sind innerhalb gewisser Grenzen veränderlich und schwankend, von den Existenzbedingungen abhängig. Am constantesten sind die unterscheidenden Charaktere der Art, weniger diejenigen der Subspecies; noch weniger constant sind diejenigen der Rasse, und am wenigsten die der Varietät.

Aus allen diesen Erwägungen geht hervor, dass die **Aufstellung der Species und ihre Unterscheidung durch bestimmte Charaktere ein rein willkührlicher und künstlicher Akt** ist, der nur durch unsere ganz unvollständige Kenntniss der verschiedenen Beziehungen jeder Species zu allen ihren Blutsverwandten gerechtfertigt und ermöglicht wird. Die Unterscheidung der unendlich vielen verschiedenen Formen, welche unsere Erde beleben, durch verschiedene Namen ist ein nothwendiges praktisches Bedürfniss, und diese Speciesbildung ist verständig und gerechtfertigt, so lange man sich nur vergegenwärtigt, dass sie eine künstliche ist, und nur auf unvollständigen Kenntnissen beruht. Dies wird aber von der gewöhnlichen Systematik ebenso wenig berücksichtigt, als sie sich erinnert, dass alle Charaktere nur einen relativen und vergänglichen Werth haben. Auch die schärfsten Charaktere, durch welche wir im gegenwärtigen Zeitraum zwei verwandte „gute Arten" auf das Bestimmteste unterscheiden können, behalten doch immer nur für eine gewisse Periode diese specifische Bedeutung, und büssen dieselbe ein, sobald beide Arten im Laufe ihrer Variation sich weiter von einander entfernen. Die Systematiker werden durch den Irrthum, dass die Species constant sei, gewöhnlich auch noch in den weiteren Irrthum hineingeführt, dass die verschiedenen Species gleich alt seien. Auch hierdurch wird eine naturgemässe Auffassung der Arten-Verhältnisse wesentlich verhindert. Denn in der Wirklichkeit sind die allermeisten Species von sehr ungleichem Alter, und dieses Alter lässt sich auch niemals absolut bestimmen, da sie eben so allmählich entstehen, als sie entweder durch Transmutation oder durch Aussterben vergehen. Unter zahlreichen Species, die der Systematiker vergleicht, werden sich immer epacmastische, acmastische und paracmastische Arten neben einander befinden; einige, die der Höhe ihrer Entwickelung, andere, die ihrem Untergange entgegen gehen, während noch andere sich grade im gegenwärtigen Zeitraum in ihrer höchsten Blüthe befinden und daher als relativ „gute",

constante und wenig veränderliche Arten erscheinen. Jede Species hat, so gut wie jedes Individuum, eine beschränkte Existenz-Dauer. Sie entsteht durch Trasmutation aus Varietäten einer vorhandenen Art, und sie erreicht, indem sie sich unter günstigen Verhältnissen zur Species entwickelt, einen bestimmten Grad der Reife, in welcher sie sich am constantesten zeigt. Diese Acme, das Reife-Alter der Species kann, wenn die für sie günstigen Existenzbedingungen sich sehr lange erhalten, oft sehr lange, oft viele Jahrtausende dauern. Endlich tritt aber doch immer zuletzt, wenn auch nur sehr langsam, ein Wechsel in dieser oder jener wesentlichen Lebensbedingung ein; sie geht entweder, wenn sie sich diesem Wechsel vermöge ihrer Variabilität nicht anpassen kann, zu Grunde, sie stirbt aus; oder sie bildet, indem sie sich ihm anpasst, neue Varietäten, die sich allmählich wiederum durch langsame Transmutation, und durch natürliche Zuchtwahl im Kampfe um das Dasein, zu relativ constanten neuen Species umbilden. Allein schon diese Thatsache erklärt uns bei Vergleichung einer grösseren genauer bekannten Artenzahl den Umstand, dass die Werthe der specifischen morphologischen Charaktere so äusserst ungleiche sind, dass einige Arten sich so scharf umschreiben lassen und so wenig variiren, während andere einen so weiten divergirenden Varietätenbüschel bilden, dass sie selbst wieder von anderen Systematikern als Gruppen von Arten angesehen werden.

III. Der physiologische Begriff der Species.

Die vorstehend erörterten, constanten oder wesentlichen Charaktere der Species, welche meistens rein morphologischer Natur sind und welche bei der praktischen Unterscheidung und Benennung der Species fast ausschliesslich in Betracht kommen, hat man bei der theoretischen Begriffsbestimmung der Art gewöhnlich ignorirt oder doch weniger hervorgehoben, und dagegen, wie schon oben bemerkt wurde, fast ausschliesslich die physiologischen Eigenschaften der Species zur Definition derselben benutzt. Wir haben hier zu unterscheiden zwischen der von den älteren Naturforschern vorzugsweise gebrauchten Definition, die sich auf die gemeinsame Abstammung aller Individuen einer Species, und zwischen der von den neueren besonders hervorgehobenen Begriffsbestimmung, welche sich auf die Bastardzeugungs- oder Hybridismus-Verhältnisse der Species bezieht. Indem wir die Besprechung der ersteren, rein genealogischen Auffassung dem folgenden Abschnitte vorbehalten, beschränken wir uns hier auf die Erörterung der letzteren, welche wir als die physiologische Begriffsbestimmung der Species im engeren Sinne bezeichnen.

Wir schicken die Bemerkung voraus, dass man im Ganzen die

Verhältnisse der Bastardzeugung oder des Hybridismus, um welche es sich hier handelt, ausserordentlich überschätzt, und insbesondere ihre Bedeutung, sowohl für die exacte Begriffsbestimmung der Art, als auch für die Entstehung neuer Arten, viel zu hoch angeschlagen hat. Die Frage ist im Ganzen sehr schwierig und verwickelt, aber von den meisten Autoren keineswegs mit der entsprechenden Vorsicht und Sorgfalt behandelt worden. Grade hier hat man mit auffallendem Leichtsinn aus sehr unvollkommenen und zweifelhaften Beobachtungen die weitgreifendsten Schlüsse ziehen wollen. Darwin hat dies im achten Capitel seines Werks, auf welches wir hiermit ausdrücklich verweisen, sehr klar nachgewiesen. Im Ganzen sind die Erscheinungen des Hybridismus nur selten mit der nothwendigen physiologischen Kritik untersucht worden, und daher hat man ihre Bedeutung für die Species-Frage so sehr übertrieben.

Nach der gewöhnlichen Angabe sollen alle geschlechtsreifen Individuen einer und derselben Art, mögen dieselben als Rassen oder Varietäten noch so weit aus einander gehen, das Vermögen besitzen, sich fruchtbar geschlechtlich zu vermischen, und alle von ihnen erzeugten Jungen sollen sich wiederum sowohl unter einander, als mit den Stamm-Eltern fruchtbar kreuzen, und so in infinitum fortpflanzen können. Andrerseits sollen Individuen von zwei verschiedenen Species nur ausnahmsweise [1]) mit einander eine fruchtbare Begattung vollziehen können und die daraus entsprungenen Bastarde sollen weder unter einander, noch mit einem der Stammeltern auf die Dauer fruchtbare Nachkommenschaft erzeugen können. Alle diese Angaben sind, insofern sie die Geltung absoluter Gesetze beanspruchen, vollkommen falsch, und durch sichere Beobachtungen und Experimente nicht nur in neuester Zeit, sondern theilweis schon vor vielen Jahren als vollständig den Thatsachen widersprechend nachgewiesen worden.

Sowohl verschiedene Arten, als verschiedene Varietäten einer Art vermögen sich geschlechtlich zu vermischen, und die Producte der Verbindung können in beiden Fällen selbst wieder der fruchtbaren Zeugung fähig sein. Die Producte der sexuellen Vermischung zweier verschiedenen Species pflegt man im engern Sinne als Bastarde *(Hybridi)* zu bezeichnen, dagegen die Producte zweier verschiedenen Varietäten als Blendlinge *(Spurii)*.

Zunächst muss hier unterschieden werden zwischen zwei wesentlich verschiedenen Verhältnissen, nämlich erstens der Unfruchtbarkeit zweier verschiedenen Formen bei ihrer Paarung, also der ersten Kreu-

1) Eine absolute Unfähigkeit zweier verschiedener Arten, überhaupt eine fruchtbare Begattung mit einander einzugehen, ist zwar auch vielfach behauptet worden, verdient indess angesicht der zahlreichen Bastarde, die man selbst zwischen Arten verschiedener Gattungen längst kennt, keine weitere Widerlegung.

zung, und zweitens der Unfruchtbarkeit der aus solchen Kreuzungen entsprungenen Bastarde oder Blendlinge. Die erstere beruht wesentlich auf der verschiedenen Beschaffenheit der zweierlei, an sich normalen Fortpflanzungs-Organe, wogegen die zweite meist durch unentwickelten Zustand oder pathologische Ausbildung der Geschlechts-Organe bedingt ist.

Was nun zuerst die Unfruchtbarkeit zweier gekreuzten verschiedenen Formen bei ihrer ersten Paarung anbelangt, so ist fast überall das Dogma verbreitet, dass eine Paarung zwischen Individuen zweier verschiedenen Arten nur ausnahmsweise fruchtbar sei, während alle verschiedenen Rassen und Varietäten einer einzigen Species sich fruchtbar sollen kreuzen können. Beides ist vollkommen unbegründet. Allerdings kommen Bastarde von zwei verschiedenen Arten im wilden Naturzustande nur selten vor, schon aus dem einfachen Grunde, weil der gesunde Geschlechtstrieb stets nur nah verwandte Thiere, meistens also von einer und derselben Art, zusammenführt. „Gleich und Gleich gesellt sich gern". Allein sobald den Thieren die Befriedigung des Geschlechtstriebs auf diesem normalen Wege versagt ist, so suchen sie denselben bei anderen Arten, die ihnen die Gelegenheit zuführt, zu befriedigen. Wenn nun in diesem Falle die beiderlei Geschlechtsthiere zu zwei verschiedenen Species eines und desselben Genus gehören, und in Grösse und Charakter nicht gar zu verschieden sind, so ist die Fruchtbarkeit einer solchen Verbindung die Regel. Solche Bastarde sind schon seit den ältesten Zeiten in Menge beobachtet und zum Theil absichtlich vom Menschen gezüchtet worden [1]). Seltener entspringen Bastarde aus der Paarung zweier Arten, die verschiedenen Gattungen angehören, obwohl auch hiervon einzelne Beispiele mit Sicherheit constatirt sind [2]). Die Aussicht auf einen Erfolg der Paarung ist aber in der Regel um so geringer, je grösser die Differenz in dem ganzen Charakter und in der systematischen Verwandtschaft beider Formen ist. Dabei ist sehr zu beachten, dass in vielen Fällen beständig die wechselseitige Kreuzung fehlschlägt, indem zwar die Paarung des Männchens von der Art A mit dem Weibchen von der Art B fruchtbar, dagegen die Kreuzung des Weibchens von A mit dem

---

1) Die ältesten und bekanntesten Bastarde sind die zwischen Pferd und Esel (Maulesel, Maulthiere), zwischen Pferd und Zebra, Esel und Zebra, Steinbock und Ziege, Löwe und Tiger, ferner zwischen den verschiedensten Arten der Finken-Gattung, des Genus *Phasianus* etc. In neuerer Zeit sind auch echte Bastarde von Fischen, Insecten etc. in grösserer Zahl bekannt geworden. Von den Pflanzen (*Salix*, *Verbascum*, *Cirsium* etc.) kennt man sie längst in Menge.

2) Zu den sichersten Beispielen von fruchtbarer Begattung verschiedener Genera gehören die Bastarde von Schaf und Reh, von Ente und Huhn, Auerhahn und Truthahn. Auch Bastarde ziemlich entfernt stehender Fisch-Gattungen sind neuerlich beobachtet.

Männchen von B unfruchtbar ist[1]). Schon aus diesem letzten, sehr wichtigen Umstande geht hervor, dass (mindestens in vielen Fällen) eine solche Unfruchtbarkeit nicht durch den specifisch verschiedenen Gesammt-Charakter der beiden Arten, und auch nicht durch den Grad ihrer systematischen Verwandtschaft, sondern lediglich entweder durch den verschiedenen, nicht zusammen passenden Bau der betreffenden Geschlechts-Organe oder durch die natürliche Abneigung der divergenten Formen gegen einander bedingt ist.

Wie nun die Fähigkeit der Bastard-Zeugung zwischen verschiedenen Arten factisch besteht, aber in sehr verschiedenen Graden abgestuft ist, so gilt dasselbe auch von den Kreuzungs-Verhältnissen der Varietäten und Rassen, die sich auch in dieser Beziehung nicht durchgreifend von den Species unterscheiden. Allerdings ist es die Regel, dass die verschiedenen in den Formenkreis einer einzigen Art gehörigen Abarten und Rassen sich unter einander fruchtbar vermischen können: allein auch hier ist diese Fruchtbarkeit der ersten Kreuzung keineswegs überall gleich, sondern zwischen verschiedenen Rassen sehr verschieden entwickelt, und man kennt mehrere Beispiele mit Sicherheit, wo zwei verschiedene Rassen oder Abarten, die von derselben Stammform abgeleitet sind, sich entweder gar nicht mehr, oder nur selten, mit Abneigung und ohne Erfolg paaren. Die Fruchtbarkeit der Kreuzung von Varietäten ist also durchaus kein absolutes Gesetz[2]).

Ebenso verhält es sich nun zweitens auch mit der überall behaupteten Unfruchtbarkeit der Bastarde von zwei verschiedenen Arten, der man die absolute Fruchtbarkeit der Blendlinge zwischen zwei Varietäten oder Rassen einer Art schroff gegenüberstellt. In ersterer Beziehung wird allenthalben das Beispiel der Maulthiere und Maulesel als beweiskräftig angeführt. Allerdings ist es richtig, dass diese beiden Bastardformen von Pferd und Esel, sowohl wenn sie sich unter einander, als wenn sie sich mit einem der Stammeltern paaren, sich entweder gar nicht, oder nur auf wenige Generationen fortpflanzen, worauf die Bastardform erlischt. Allein grade dieses so sehr betonte Beispiel scheint nach den neuesten Erfahrungen eine seltene

1) So z. B. ist die Paarung zwischen Ziegenbock und Schaf, zwischen dem amerikanischen Bisonstier und der europäischen Kuh sehr leicht, dagegen die Kreuzung zwischen Schafbock und Ziege, zwischen dem europäischen Stier und der amerikanischen Bisonkuh sehr schwer oder gar nicht herbeizuführen.

2) So paart sich z. B. die in Paraguay eingeführte und einheimisch gewordene Hauskatze nicht mehr mit ihrem europäischen Stammvater. Das in Europa domesticirte Meerschweinchen *(Cavia cobaya)* paart sich nicht mehr mit seinem brasilianischen Stammvater *(Cavia aperea)*. Ferner findet keine Kreuzung mehr statt zwischen manchen Hunde-Rassen (die man doch meist alle als Varietäten einer Art betrachtet). Zum Theil ist hier, wie in andern Fällen (auch bei manchen Rinder- und Pferde-Rassen) die physische Unmöglichkeit der Paarung schon durch die sehr verschiedene Grösse bedingt.

Ausnahme zu sein. Man kennt jetzt zahlreiche Beispiele von Bastarden sehr verschiedener Arten (und selbst Gattungen), die sich sowohl bei Paarung unter sich, als mit einem ihrer Stammeltern, durch eine lange Reihe von zahlreichen Generationen unverändert und mit unverminderter Fruchtbarkeit fortgepflanzt haben, also nach der üblichen Vorstellung zu neuen Arten geworden sind [1]). Ja man hat selbst solche unbegrenzte und reiche Fruchtbarkeit in einzelnen Fällen bei Bastarden von zwei Arten beobachtet, welche verschiedenen Gattungen angehören, wie namentlich bei den berühmten „Bockschafen", Bastarden von Ziegenböcken und Schafen, welche in Chile massenhaft zu industriellen Zwecken gezogen werden. Aber auch diese Fruchtbarkeit der Bastarde zeigt sich, wie jene der ersten Kreuzung, bei verschiedenen Gattungen und Familien sehr verschieden entwickelt und gradweise abgestuft.

Dasselbe gilt endlich auch von der Fruchtbarkeit der Blendlinge, welche durch Kreuzung verschiedener Varietäten oder Rassen einer Art entstehen. Von dieser hat man ebenso allgemein die absolute Fruchtbarkeit, wie von den Bastarden verschiedener Arten die Unfruchtbarkeit behauptet, und mit eben so viel Unrecht. Allerdings sind in der Regel die Blendlinge, welche Rassen und Abarten einer und derselben Art bei wechselseitiger Vermischung erzeugt haben, sehr fruchtbar, und häufig steigern solche Kreuzungen sogar die Fruchtbarkeit bedeutend; allein auch hier ist der Grad der Fruchtbarkeit der Blendlinge oft vollkommen unabhängig von dem Grade der systematischen Verwandtschaft. In vielen Fällen sind die Blendlinge, welche durch Kreuzung zweier weit verschiedenen Rassen entstanden sind, sehr fruchtbar; und in anderen Fällen zeigen umgekehrt die Blendlinge, welche aus der Paarung von zwei nah verwandten Rassen hervorgegangen sind, einen sehr geringen Grad von Fuchtbarkeit; dieser letztere kann sogar gänzlich auf Null herabsinken. Denn es giebt Blendlinge, welche von zwei nahe verwandten Rassen einer und derselben Species abstammen, und dennoch sich niemals als solche fortzupflanzen vermögen. So kennen wir z. B. eine Blendlingsform von zwei verschiedenen Hunde-Rassen, welche constant unfruchtbar ist, und ebenso werden mehrere Blendlinge von verschiedenen Rinder-Rassen angegeben, die sich durch beständige Unfruchtbarkeit auszeichnen. Gleiche Beispiele von Unfruchtbarkeit einer pflanzlichen Blendlingsform, die nach-

1) Eines der auffallendsten neueren Beispiele liefern die berühmten Hasen-Kaninchen, Bastarde von männlichen Hasen und weiblichen Kaninchen, welche seit 1850 in Frankreich gezüchtet werden und nun in unveränderter Form und Fruchtbarkeit bereits mehr als hundert Generationen zurückgelegt haben. Hasen und Kaninchen sind zwei, in jeder Beziehung so verschiedene Arten der Gattung *Lepus*, dass es noch Niemandem eingefallen ist, sie für Rassen oder Abarten einer Species zu halten.

gewiesener Maassen aus zwei divergenten Rassen einer gemeinsamen Stammart entsprungen ist, haben auch schon mehrere Gärtner angeführt.

Es geht also schon aus den bisherigen Erfahrungen, obwohl dieselben keineswegs zahlreich sind, mit Sicherheit hervor, dass auch hinsichtlich der Fähigkeit zur Bastarderzeugung, sowie der Fruchtbarkeit der so erzeugten Bastarde selbst, Species und Varietäten nicht durchgreifend verschieden sind. Wie es einerseits sicher constatirte Fälle giebt, in denen nicht allein zwei allgemein als verschiedene Species anerkannte Formen unter sich Bastarde erzeugen, sondern auch diese Bastarde unter sich eine fruchtbare Nachkommenschaft Generationen hindurch erzeugt haben, so kennen wir andererseits eben so unzweifelhafte Fälle, in denen zwei verschiedene Varietäten oder Rassen, die nachweisbar aus einer und derselben Species-Form hervorgegangen sind, im Laufe von Generationen durch immer weiter gehende Divergenz des Charakters die Fähigkeit, mit einander Nachkommen zu erzeugen, vollständig eingebüsst haben. Mit anderen Worten: es besteht kein absoluter Unterschied zwischen den Bastarden (Hybridi) zweier verschiedener Arten, und den Blendlingen (Spurii) zweier verschiedener Unterarten, Rassen oder Varietäten. Die physiologischen Verhältnisse ihrer Fortpflanzungsfähigkeit sind nur quantitativ, nicht qualitativ verschieden.

Hieraus ergiebt sich die vollkommene Werthlosigkeit aller der vielen Versuche, die von früheren Systematikern gemacht worden sind und die auch jetzt noch so vielfach wiederholt werden, die Species als die Summe aller Formen (Varietäten, Rassen etc.) zu umschreiben, welche unter sich fruchtbare Nachkommen erzeugen können. Bei dem grossen Gewicht aber, welches mit vollem Unrecht noch immer auf diesen Punkt gelegt wird, ist es interessant, noch nachträglich hervorzuheben, dass gerade zwei von den bedeutendsten Naturforschern die sich am meisten mit dem Species-Begriff beschäftigt haben, nämlich der Schöpfer desselben, Linné, und der exclusivste Vertheidiger seiner absoluten Immutabilität, Agassiz, auf die oben besprochene Fähigkeit, fruchtbare Bastarde zu erzeugen, bei der Umschreibung der Art nicht den mindesten Werth gelegt haben. Linné gestand späterhin, im Widerspruch mit seiner früheren Definition, nicht allein verschiedenen Species die Fähigkeit zu, mit einander fruchtbare Bastarde zu erzeugen, sondern er spricht sogar die oft von ihm gehegte Vermuthung aus, dass im Anfang von jedem Genus nur eine einzige Species geschaffen worden sei, aus der die übrigen durch Bastardbildung hervorgegangen seien[1]). Agassiz weist sehr richtig

[1]) „Omnes species ejusdem generis ab initio unam constituerint speciem, sed postea

nach, dass die Versuche, die Species auf jenes Verhältniss zu basiren, auf einem vollständigen Irrthum, und zum mindesten auf einer petitio principii beruhen (Essay on classification, p. 250). Nach seiner Ansicht ist die fruchtbare geschlechtliche Vermischung zweier Individuen nur ein Ausdruck der innigen Beziehungen zwischen denselben, und nicht die Ursache ihrer Identität in auf einander folgenden Generationen. Agassiz weicht dann noch sehr viel weiter dadurch von den gewöhnlichen Vorstellungen der Species-Dogmatiker ab, dass er nicht alle Individuen einer Species als Descendenten eines Stammes betrachtet, sondern vielmehr zahlreiche Individuen von jeder Species an verschiedenen Stellen der Erde gleichzeitig geschaffen sein lässt. Die gewöhnliche Vorstellung, dass der Species-Begriff von der Generationssphäre abhängig sei, dass alle Individuen einer Species durch genealogische Bande verknüpft seien, ist nach Agassiz's Ansicht ein Irrthum, der in der Kindheit der Wissenschaft eingeführt sei, und von dem es eine absurde Prätension sei, ihn noch jetzt festzuhalten.

Gewiss können wir für unsere Ueberzeugung, dass die physiologischen Kriterien des Hybridismus in keiner Weise den Begriff der Species sicher zu stellen vermögen, kein vollgültigeres Autoritäts-Zeugniss beibringen, als dasjenige von Agassiz, welcher seinerseits die absolute Individualität und Immutabilität der Species mit allen Kräften zu vertheidigen sucht, und dennoch jene Argumente dafür vollständig verwirft. Wir heben dies hier noch ausdrücklich hervor, weil seltsamer Weise einer der geistvollsten Vertheidiger der Descendenz-Theorie, vor dessen wissenschaftlichen Leistungen wir die grösste Hochachtung hegen, Huxley nämlich, in neuester Zeit wiederholt die physiologischen Verhältnisse des Hybridismus der Species und Varietäten als den einzigen schwachen und angriffsfähigen Punkt der Abstammungslehre bezeichnet hat. Da die Gegner der letzteren hierin ein gewichtiges Zugeständniss für die Schwäche derselben gefunden haben, so müssen wir diesen Punkt hier noch besonders erledigen.

In seinen vortrefflichen „Zeugnissen für die Stellung des Menschen in der Natur", in welchen Huxley die Descendenz-Theorie warm vertheidigt, bemerkt derselbe: „Trotz alledem muss unsere Annahme der Darwin'schen Theorie so lange nur provisorisch sein, als ein Glied in der Beweiskette noch fehlt; und so lange alle Thiere und Pflanzen, die sicher durch Zuchtwahl von einem gemeinsamen Stamme entstanden sind, fruchtbar sind, und ihre Nachkommen unter einander, so lange fehlt jenes Glied. Denn für so lange kann nicht be-

---

per generationes hybridas propagatae sint" (Linné, „fundamentum fructificationis" im 6ten Band der Amoenitates academicae).

wiesen werden, dass die Zuchtwahl Alles das leistet, was zur Erzeugung natürlicher Arten nöthig ist."

Wir bemerken gegen diesen Einwurf Huxley's Zweierlei: Erstens erinnern wir an die oben bereits angeführten sicheren Thatsachen, dass zwei verschiedene Formen (Rassen oder Varietäten), welche „sicher durch Zuchtwahl von einem gemeinsamen Stamme entstanden sind", keine fruchtbare Verbindung mit einander eingehen. Die Hauskatze von Paraguay paart sich nicht mehr mit ihrem europäischen Stammvater. Das europäische Meerschweinchen geht keine fruchtbare Verbindung mehr mit seiner brasilianischen Stammform ein. Wir erinnern ferner daran, dass bei vielen Hausthier-Rassen, welche nachweisbar von einer und derselben Stammform abzuleiten sind, eine fruchtbare Begattung schon wegen der sehr verschiedenen Grösse der Genitalien ganz unmöglich ist. Der Pony von Shetland, welcher nur die Grösse eines starken Hundes hat, kann sich nicht mit dem Riesenpferde der Londoner Brauer verbinden, welches fast dreimal so hoch und lang ist, und vielleicht das zehnfache Volum besitzt. Ebenso wenig ist eine Begattung zwischen dem grossen Neufundländer Hunde und dem zwerghaften Carls-Hündchen möglich. Wir erinnern ferner an die zahlreichen, völlig unfruchtbaren Ehen des Menschengeschlechts. Wird man desshalb Mann und Weib einer solchen Ehe als zwei verschiedene Species ansehen wollen?

Man wird uns vielleicht entgegnen, dass in diesen Fällen mechanische (d. h. physikalische oder chemische) Hindernisse der fruchtbaren Begattung vorhanden seien. Allein sind die Hindernisse, welche die Unfruchtbarkeit in den meisten Fällen von Begattung verschiedener Species bedingen, etwa nicht mechanischer Natur?

Bei Betrachtung dieser, wie vieler ähnlichen Verhältnisse, haben sich die Morphologen noch nicht gewöhnt, die mystische Vitalismus-Brille abzulegen, durch welche sie früher alle physiologischen Erscheinungen, und besonders diejenigen der Fortpflanzung zu betrachten gewohnt waren. Wir bemerken daher nochmals ausdrücklich, dass die Phänomene des Hybridismus sämmtlich einfache Theilerscheinungen der Fortpflanzungs-Functionen, und als solche durch mechanische, physikalisch-chemische Ursachen mit Nothwendigkeit bedingt sind. Insbesondere die Abhängigkeit der Fortpflanzungs-Erscheinungen von den Ernährungs-Functionen ist hierbei gehörig zu berücksichtigen. Wir erinnern bloss daran, dass, wie Darwin mit Recht besonders hervorgehoben hat, oft die einfachsten Veränderungen in der Lebensweise, und speciell in der Ernährung, ausreichend sind, um die Fruchtbarkeit, und oft selbst den Geschlechtstrieb zu vermindern, und endlich selbst ganz zu vernichten. Dies beweisen z. B. schon die Papageyen, Affen, Bären, Elephanten und viele andere Thiere, welche sich in

der Gefangenschaft entweder niemals oder nur höchst selten fortpflanzen.

Was nun aber zweitens den hohen Werth betrifft, den Huxley den Erscheinungen des Hybridismus gegenüber der Descendenz-Theorie beilegt, so können wir ihnen diesen nicht zugestehen. Selbst wenn die angeführten Thatsachen, die hiergegen sprechen, nicht bekannt wären, würden wir ihnen, gegenüber der ungeheuren Beweiskraft aller übrigen organischen Erscheinungs-Reihen zu Gunsten der Abstammungslehre, nicht den geringsten Werth beilegen. Uebrigens giebt auch Huxley selbst weiterhin zu, „dass die Zustände der Fruchtbarkeit und Unfruchtbarkeit sehr falsch verstanden werden, und dass der tägliche Fortschritt der Erkenntniss dieser Lücke in dem Beweis eine immer geringere Bedeutung beilegt, besonders verglichen mit der Menge von Thatsachen, welche mit Darwin's Lehre harmoniren, oder von ihr aus Erklärung erhalten.“ Diesem Ausspruche schliessen wir uns vollständig an, und bemerken nur noch, dass uns gegenwärtig bereits durch die angeführten Thatsachen die von Huxley hervorgehobene „Lücke im Beweis“ ganz befriedigend ausgefüllt zu sein scheint, und dass demnach die Erscheinungen des Hybridismus, ebenso wie alle übrigen organischen Naturerscheinungen, nicht im Widerspruch, sondern im Einklang mit der Descendenz-Theorie stehen[1]).

Endlich ist zu bemerken, dass die ganze Frage vom Hybridismus, abgesehen von allem bisher Angeführten, ihren kritischen Werth für die Begriffsbestimmung der Species vollständig einbüsst, sobald man sich erinnert, dass die Differenzirung der Geschlechter erst ein sehr später Vervollkommnungs-Akt in der Phylogenie der Organismen ist, und dass es auch jetzt noch sehr zahlreiche niedere Organismen, vorzüglich Protisten (Rizopoden, Protoplasten, Diatomeen, Myxomyceten etc.) giebt, welche gleich allen ältesten Arten nur auf ungeschlechtlichem Wege sich fortpflanzen. Da hier die Differenzirung der Geschlechter fehlt, so kann auch kein Hybridismus stattfinden!

Es ist also eben so wenig möglich, auf die physiologischen Functionen des Hybridismus eine allgemein befriedigende theoretische Definition des Species-Begriffes zu begründen, als es praktisch möglich ist, durch die „wesentlichen“ morphologischen Charaktere die Art als solche zu erkennen. In keiner einzigen Beziehung ist die Species oder Art durchgreifend und absolut, einerseits von der subordinirten Unterart, Rasse und Varietät, andererseits von der übergeordneten Untergattung und Gattung zu unterscheiden.

---

[1]) Wenngleich demnach die Hybridismus-Phänomene für die theoretische Begriffsbestimmung der Species ganz werthlos sind, so verdienen sie doch in anderer Hinsicht das sorgfältigste Studium, da dieselben vielleicht eine (von der natürlichen Züchtung gänzlich verschiedene) Quelle der Entstehung neuer Arten bilden.

IV. Der genealogische Begriff der Species.

Wie alle anderen morphologischen Fragen, so kann auch die schwierige und verwickelte Species-Frage nur vom Standpunkte der Entwickelungsgeschichte aus gelöst werden, wie es schon längst von den einsichtsvollsten Biologen, insbesondere Bär und Schleiden, ausgesprochen worden ist. (Vergl. S. 331 und S. 6.) Dass die Species als absolute Individualität, als unveränderliche und constante Formeinheit, weder in der systematischen Praxis durch ihre morphologischen „wesentlichen Charaktere" unterschieden, noch als theoretischer Begriff durch ihre physiologischen Fortpflanzungs-Functionen festgestellt werden kann, haben wir im Vorhergehenden gezeigt. Es erübrigt also nur noch, festzustellen, welchen Werth die Entwickelungsgeschichte dem Species-Begriffe zuweist. Das Wichtigste hierbei ist, dass man gleichmässig die individuelle und die paläontologische Entwickelungsgeschichte, die Ontogenie und die Phylogenie berücksichtigt, und vorzüglich die gegenseitige Ergänzung dieser beiden Hauptzweige der Morphogenie benutzt.

Wenn wir auf die zahlreichen verschiedenen Versuche, den Species-Begriff zu bestimmen, zurückblicken, so finden wir zwar meistens die Beziehungen zur Entwickelungsgeschichte nicht deutlich ausgesprochen, dennoch aber ist in vielen dieser Versuche eine Ahnung oder ein dunkles Gefühl von dem hohen Werthe jener Beziehungen nicht zu verkennen. Wir können dies sogar bereits in jener ältesten Definition der Species von Linné erkennen, welche für die Anschauungen seiner meisten Nachfolger maassgebend geblieben ist: „Species tot numeramus, quot diversae formae a principio sunt creatae." Die gemeinsame Abstammung von einer einzigen gemeinsamen Stammform, welche hiernach alle unveränderlichen Glieder einer constanten Species verbindet, involvirt zugleich die Identität der Entwickelung aller Individuen, welche einer und derselben Art angehören. Dasjenige Band, welches alle Individuen einer Species hiernach zusammenhält, ist das genealogische Princip der Blutsverwandtschaft.

Die grosse Geltung, welche sich diese theoretische, nicht unmittelbar durch die Beobachtung empirisch zu begründende Definition der Species nach Linné erwarb, ist besonders darin zu suchen, dass dieselbe eine sehr wichtige wahre Vorstellung mit einer sehr einflussreich gewordenen falschen verbindet. Richtig ist die in jenem Satze liegende Behauptung, dass die Formen-Aehnlichkeit oder „Verwandtschaft", welche alle Individuen einer Species verbindet, auf ihrer gemeinsamen Abstammung von einer gemeinschaftlichen Stammform beruht. Un-

richtig dagegen ist die damit verknüpfte Behauptung, dass die Stammformen der verschiedenen Species ursprünglich verschiedene und unabhängig von einander erschaffen sind. Sowohl bei Linné, als bei Cuvier, der dieser Ansicht die ausgedehnteste Geltung verschaffte, und ebenso bei den meisten ihrer Nachfolger, war hierbei offenbar die Autorität der herrschenden, durch religiöse Dogmen schon in frühester Kindheit befestigten, und auf angebliche Offenbarungen begründeten Schöpfungs-Mythen vom grössten Einfluss. Indem man von diesen sich mehr oder minder unbewusst leiten liess, nahm man an, dass von jeder Species ursprünglich entweder ein einziges hermaphroditisches Individuum, oder ein einziges gonochoristisches Paar „erschaffen“ worden sei, und dass alle anderen Individuen der Species von diesen abstammen [1]).

Dass dieses Dogma von der ursprünglichen Erschaffung einer besonderen Stammform für jede Species völlig unbegründet ist, dass vielmehr diese angeblichen Ur-Individuen oder Ur-Eltern der Species selbst wieder durch das Band der Blutsverwandtschaft zusammenhängen, ist bereits im neunzehnten Capitel bewiesen worden. Die Betrachtung jener genealogischen Species-Definition von Linné, Cuvier und ihrer Schule ist aber desshalb von besonderem Interesse, weil sie zeigt, welchen hohen Werth dieselben der gemeinsamen Abstammung als der wirkenden Ursache der Formen-Aehnlichkeit „verwandter“ Organismen zuschrieben. Obgleich die verschiedenen Unterarten, Rassen und Varietäten, welche sie zu einer einzigen Species rechneten, oft noch mehr als zwei ganz verschiedene Arten in ihren Charakteren divergirten, haben sie dennoch ohne Weiteres gemeinsame Abstammung für dieselben angenommen. Und doch haben diese Systematiker, welche behaupten, dass sämmtliche in den Formenkreis der Art fallende Individuen entweder von gemeinsamen oder von identischen Stamm-Eltern abstammen, während die verschiedenen (obschon nahe verwandten) Arten ebenso verschiedene Stamm-Eltern haben sollen — doch haben alle Urheber und Anhänger dieser fast allgemein herrschenden Vorstellung niemals einen directen empirischen Beweis für diese Behauptung vorzubringen vermocht, niemals eine stärkere und überzeugendere Analogie dafür anzuführen gewusst, als es die Anhänger der von ihnen bekämpften Trantasmutionslehre für ihre

1) Unter den verschiedenen Modificationen, welche dieser Schöpfungs-Mythus neuerdings erfahren hat, sind besonders diejenigen von Agassiz bemerkenswerth, welcher nicht ein einzelnes Individuum oder ein einzelnes Elternpaar von jeder Species ursprünglich erschaffen sein lässt, sondern annimmt, dass von jeder Art gleich eine grössere Anzahl von Individuen und selbst an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche unabhängig von einander Gruppen von Individuen derselben Art „erschaffen“ wurden. Auch glaubt derselbe, dass diese ursprünglich erschaffenen Individuen nicht als reife Species-Formen, sondern als „Eier“ erschaffen worden seien.

analoge und nur weiter gehende Behauptung vermocht haben, dass die verschiedenen Arten von gemeinsamen Stammformen abzuleiten sind. Der Beweis für die von den Anhängern des Species-Dogma's aufgestellte Behauptung, dass die ursprünglichen Stammformen der verschiedenen Species verschiedene, und nicht dieselben seien, ist niemals geführt worden und kann niemals geführt werden. Für die wilden Thiere und Pflanzen im Naturzustand ist die Beweisführung hierfür rein unmöglich; für die domesticirten Formen fehlt den Vertheidigern der Species-Constanz selbst jeder Anhaltspunkt zur Feststellung der Species; sollte aber experimentell die Frage entschieden werden, so würde nur der Cirkelschluss, die Petitio principii offenbar werden, in welcher man sich bei jener Bestimmung beständig bewegt. Denn angenommen, man hält die Nachkommen eines einzigen Eltern-Paares oder mehrerer, nicht zu unterscheidender, fast absolut gleicher Eltern-Paare eine lange Reihe von Generationen hindurch in reiner Inzucht; man erzieht aus denselben, indem man sie gruppenweise unter sehr verschiedenen Lebensbedingungen erhält, mehrere verschiedene Spielarten; diese Spielarten entfernen sich allmählich, durch Divergenz des Charakters, weiter von einander, als es sonst verschiedene Species derselben Gattung thun; endlich befestigen sich diese tiefgreifenden Unterschiede durch eine lange Reihe von Generationen so sehr, dass ein Rückschlag in die gemeinsame Stammform nicht mehr stattfindet — dies Alles vorausgesetzt, wie es als möglich vorausgesetzt werden muss — werden die Anhänger des Dogma's von der Constanz der Art dadurch überzeugt sein, dass aus einer Art mehrere entstanden sind? Nicht im Mindesten! Sie werden vielmehr sagen, dass diese verschiedenen Formenreihen, welche mit ihren tief durchgreifenden Differenzen sich unverändert fortpflanzen, und thatsächlich in allen Charakteren stärker, als sogenannte „gute Arten" divergiren, doch nur Varietäten oder Rassen einer und derselben Art seien, w e i l sie eben von einem gemeinsamen Eltern-Paare abstammen. Einerseits also definirt man die Species als den Inbegriff aller derjenigen, wenn auch noch so verschiedenen Individuen, die von einer und derselben Stammform entsprungen sind, und rechnet also zu einer einzigen Art eine Anzahl von ganz verschiedenen Formen bloss desshalb, w e i l ihre Abstammung von einer gemeinsamen Stammform erwiesen ist. Andrerseits setzt man für eine Anzahl höchst ähnlicher Individuen gemeinsame Abstammung voraus, w e i l man sie wegen ihrer Aehnlichkeit zu einer Art rechnet.

Schon aus diesem Widerspruch geht hervor, dass sich die Species auf d i e s e m genealogischen Wege, durch das Merkmal der gemeinsamen Abstammung, weder in der systematischen Praxis unterscheiden, noch als theoretischer Begriff fixiren lässt. Vielmehr würden

wir in letzterer Beziehung zu der Ueberzeugung gelangen, dass die Species nicht von dem Stamme oder Phylon verschieden ist, für dessen sämmtliche Glieder wir nach der Descendenz-Theorie gemeinsame Abstammung postuliren müssen. Wir würden also dadurch zur Annahme der Identität der genealogischen Individualität zweiter und dritter Ordnung, der Species und des Phylon geführt werden. In der That findet aber diese Identität nicht statt. Vielmehr lässt sich der Begriff der Species als einer genealogischen Individualität, welche der höheren Individualität des Phylon untergeordnet ist, eben so wohl theoretisch feststellen, als es praktisch nothwendig und möglich ist, Species zu unterscheiden und zu benennen. Wir glauben, jene genealogische Begriffsbestimmung der Species in folgendem Satze formuliren zu können: „Die Species oder organische Art ist die Gesammtheit aller Zeugungskreise, welche unter gleichen Existenzbedingungen gleiche Formen besitzen.“

Die Species ist hiernach ebenso eine Vielheit von Zeugungskreisen, wie das Phylon eine Vielheit von Species ist. Diese Beziehung der Species zum Generationscyclus oder Zeugungs-Kreise ist bisher noch nicht bestimmt erkannt worden. Zwar haben einige Autoren einen Theil der Zeugungskreise, nämlich die amphigenen Eikreise oder Eiproducte (p. 83, 87) als „Art-Individualität“, oder als „systematisches“ oder Species-Individuum bezeichnet, und die Summe aller gleichen Zeugungskreise als Species. Indessen ist hierbei bloss der amphigene und nicht der monogene Theil der Zeugungskreise in Betracht gezogen. Ferner ist nicht der Umstand berücksichtigt, dass bei der grossen Mehrzahl aller Thiere schon der sexuelle Dimorphismus, und bei Manchen ausserdem noch ein weiter gehender Polymorphismus die vollständige Repräsentation der Arten-Formen durch ein einziges Eiproduct unmöglich macht. Dann aber, und dieser Umstand ist noch viel wichtiger, ist bei der obigen Aufstellung der Formen-Kreis der Species als ein begrenzter angenommen, während er doch in Wirklichkeit wegen der allen Species eigenen unbegränzten Variabilität sich unmöglich vollkommen scharf umschreiben lässt. Wenn daher auch in ersterer Beziehung wenigstens bei denjenigen hermaphroditischen Species, welche der Selbstbefruchtung fähig sind (wie die meisten Phanerogamen, aber nur eine verhältnissmässig geringe Anzahl von Thieren), jedes einzelne Eiproduct vollkommen den gesammten Formenkreis der Species repräsentiren könnte, so wird diese Möglichkeit durch den zweiten Umstand, durch die grenzenlose Variabilität aller Species, vollkommen wieder aufgehoben.

Um daher unsere genealogische Definition der Species als der Summe aller gleichen Zeugungskreise als allgemein gültig hinstellen zu können, müssen wir zunächst hervorheben, dass sowohl die mono-

genen als die amphigenen Zeugungskreise hierbei in Betracht kommen. Die geschlechtslose Species ist die Summe aller gleichen Spaltungskreise. Die sexuell differenzirte Species dagegen ist die Summe aller gleichen Eikreise (S. 82 f. f.). Zweitens müssen wir die monomorphen und die polymorphen Zeugungskreise unterscheiden. Drittens müssen wir von der Variabilität der Zeugungskreise dabei absehen, und die äusseren Existenzbedingungen, die Anpassungsverhältnisse, deren Wechsel in Verbindung mit der Variabilität neue Species erzeugt, als constant und sich gleich bleibend voraussetzen. Denn wenn wir die Veränderungen der Existenz-Bedingungen und die davon abhängigen Veränderungen der Species selbst verfolgen, wenn wir die Species als historisch entwickeltes Wesen vom paläontologischen Gesichtspunkte aus betrachten, so finden wir, dass die Species ein untrennbares Glied des Genus ist, gleichwie das Genus nur ein subordinirtes Glied der Familie, diese ein Glied der Ordnung, die Ordnung ein Glied der Klasse, und die Klasse endlich ein abhängiges Glied des Stammes ist. Die Bedeutung der Species von diesem Gesichtspunkte aus, als Glied des Stammes, und als Kategorie des systematischen Stammbaums, haben wir noch im nächsten Abschnitte zu erörtern.

Als die nächste Aufgabe bleibt uns daher hier die Betrachtung des Polymorphismus der Zeugungskreise übrig, welcher bei den bisherigen Species-Definitionen entweder gar nicht oder doch nicht gehörig berücksichtigt worden ist. Es scheint aber, wenn unsere genealogische Definition der Species erschöpfend sein soll, unerlässlich, auch die durch den Polymorphismus adelphischer oder geschwisterlicher Zeugungskreise bedingten Form-Differenzen mit in die Bestimmung aufzunehmen. Wir können in dieser Beziehung zunächst monomorphe und polymorphe, und unter den letzteren wiederum dimorphe, trimorphe Species etc. unterscheiden.

Monomorphe Species oder einförmige Arten nennen wir diejenigen, bei welchen sämmtliche adelphische Zeugungskreise gleich oder doch nahezu gleich sind. Dies ist der Fall bei allen Spaltungskreisen oder esexuellen (monogenetischen) Zeugungskreisen; bei denen alle Bionten der Species durch ungeschlechtliche Zeugung entstehen (Cycli amphigenes). Ferner gehören hierher alle Eikreise oder sexuellen (amphigenetischen) Zeugungskreise, welche nur hermaphroditische Bionten produciren, also die allermeisten Pflanzen (nur die dioecischen ausgenommen), ferner eine geringe Anzahl von Thieren (die hermaphroditischen Infusorien, Würmer, Mollusken etc.). Bei allen diesen Organismen sind sämmtliche Zeugungskreise, welche einer Species angehören, unter gleichen äusseren Existenz-Bedingungen einander gleich. Jeder Cyclus generationis ist hier der vollständige Repräsentant seiner Species.

Polymorphe Species dagegen, oder vielförmige Arten, nennen wir diejenigen, welche aus mehreren verschiedenen, mindestens zwei verschieden geformten Zeugungskreisen zusammengesetzt sind. Hierher gehören alle Species mit Eikreisen oder sexuellen (amphigenetischen) Zeugungskreisen, welche gonochoristische Bionten produciren, also die allermeisten Thiere und die dioecischen Pflanzen. Hier ist niemals ein einzelner Cyclus generationis der vollständige Repräsentant seiner Species.

In den allermeisten Fällen ist bei diesen Arten der Polymorphismus der Eikreise oder Eiproducte zunächst durch die Vertheilung der beiderlei Geschlechtsorgane auf zwei verschiedene physiologische Individuen bedingt. Dieser sexuelle Dimorphismus findet sich weit häufiger bei den Thieren als bei den Pflanzen, und dieser Umstand steht offenbar in inniger Beziehung zu der weiteren physiologischen Arbeitstheilung, welche im Allgemeinen die Thiere vor den Pflanzen auszeichnet. Auch der Umstand, dass die meisten Pflanzenstöcke zeitlebens festsitzen, während die meisten Thiere sich frei bewegen, wird zu der weit häufigeren Ausbildung des Gonochorismus der Bionten bei den Thieren Veranlassung gegeben haben. Denn durch die freie Beweglichkeit ist den beiden Geschlechtern der Thiere, auch bei vollständiger Vertheilung der beiderlei Zeugungsorgane auf verschiedene Bionten, reiche Gelegenheit zur Vereinigung gegeben, während die Vereinigung der männlichen und weiblichen Geschlechtsproducte, welche für die eigentliche sexuelle Fortpflanzung stets unerlässlich ist, bei den räumlich getrennten und festsitzenden dioecischen Pflanzen in weit höherem Grade dem Zufall überlassen bleibt.

Die Differenz in der Bildung der beiderlei Personen oder der Grad des sexuellen Dimorphismus ist bei den verschiedenen dimorphen Species ausserordentlich verschieden entwickelt. In sehr vielen Fällen ist es lediglich die verschiedene Beschaffenheit der Geschlechtsproducte, welche die beiden Zeugungskreise unterscheidet. Abgesehen davon, dass die Geschlechtszellen sich bei den Weibchen zu Eiern umbilden, während sie bei den Männchen Zoospermien entwickeln, sind beide Generations-Cyclen hier in Grösse, Körperform und Structur völlig gleich, so bei den meisten im Wasser lebenden Thieren, den Anthozoen, Echinodermen, sehr vielen Mollusken, Crustaceen, Fischen etc. Auch bei den meisten dioecischen Pflanzen ist dies der Fall. Insbesondere beschränkt sich meistens auch hierauf der Geschlechtsunterschied der gonochoristischen Cormen, wo die beiderlei Geschlechtsproducte nicht allein auf verschiedene Personen, sondern auch auf verschiedene Stöcke vertheilt sind, wie bei den dioecischen Bäumen, Anthozoen-Colonieen etc. Das Zusammentreffen der beiderlei Zeugungsstoffe bleibt in diesen Fällen, da eine eigentliche Begattung nicht

stattfindet, dem zufälligen Transporte durch die Bewegung des Mediums überlassen, in dem das Thier oder die Pflanze lebt. Eine weitere Ausbildung des sexuellen Dimorphismus tritt bei den gonochoristen Zeugungskreisen dann ein, wenn die Vereinigung der beiderlei Genitalproducte mit einer unmittelbaren Vereinigung der beiderlei sexuellen Bionten, mit Begattung verbunden ist. Es bilden sich dann mehr oder minder complicirte Begattungsapparate aus, welche sich über einen engeren oder weiteren Umkreis der Genitalstätten erstrecken und oft schon äusserlich die beiden Geschlechter unterscheiden lassen.

Sehr viel auffallender und folgenreicher gestaltet sich aber der sexuelle Dimorphismus durch Ausbildung der secundären Geschlechtsdifferenzen, durch die verschiedenartige sexuelle Differenzirung von Körpertheilen, welche zunächst an und für sich bei dem Fortpflanzungs-Geschäfte nicht unmittelbar betheiligt sind. Es entstehen dann die oft so sehr auffallenden Unterschiede der beiden Geschlechter in Grösse, Form, Färbung, Entwickelung einzelner Theile und Organe, welche vorzugsweise bei den höher stehenden Thieren sich allgemein vorfinden, und Mann und Weib so auffallend unterscheiden. Mit der Form-Differenzirung der beiden Geschlechts-Personen ist dann auch eine weiter gehende Arbeitstheilung in ihren Functionen verbunden, eine Erscheinung, die bei den Säugethieren, Vögeln, Reptilien, Amphibien, Insecten nach ungemein verschiedenartigen Richtungen hin sich entwickelt. Meist ist es hier das Weibchen, seltener das Männchen, welchem vorzugsweise die Sorge für die Nachkommenschaft anheimfällt, während das andere Geschlecht für Ernährung, Beschützung der Familie u. s. w. sorgt. Bei den Pflanzen sind diese secundären Geschlechtsdifferenzen ungleich seltener und in viel geringerem Grade als bei den Thieren entwickelt. Die von Darwin in so geistreicher Weise hervorgehobene sexuelle Zuchtwahl, welche sicher bei der Bildung der secundären Geschlechtseigenthümlichkeiten der Thiere eine hervorragende Rolle spielt, fällt hier bei den Pflanzen natürlich fort, ebenso die stark einwirkende Sorge für die Nachkommenschaft, die Neomelie, welche sicher bei vielen Thieren die nächste Ursache zur Entwickelung besonderer secundärer Geschlechtseigenthümlichkeiten ist. Unter den Pflanzen ist es schon eine seltene Ausnahme, wenn die sexuelle Arbeitstheilung so weit geht, wie z. B. bei *Vallisneria*.

Der höchste Grad der sexuellen Differenzirung findet sich jedoch nicht bei den Wirbelthieren vor, obwohl hier die Leistungen der beiden Geschlechter in der Oeconomie etc. der Species am weitesten aus einander gehen, sondern bei einer geringen Anzahl von niederen Thieren, bei denen offenbar eigenthümliche specielle Verhältnisse in der Lebensweise etc. in ausserordentlichem Maasse umbildend auf die Form

der beiden Geschlechter gewirkt haben. Hier sinkt die eine der beiden Personen, und zwar meistens das Männchen, fast zum blossen Werth eines Geschlechtsorgans herab. Dies ist der Fall bei den einen Hectocotylus producirenden Männchen der Philonexiden unter den Cephalopoden, bei den gänzlich verkümmerten Männchen vieler Rotatorien, vieler Crustaceen, insbesondere aus den Ordnungen der Cirripedien, der parasitischen Copepoden etc.

Bei allen diesen gonochoristen Species wird der vollständige Formenkreis der Art nicht durch ein einziges monomorphes Eiproduct, sondern durch die Summe von zwei verschiedenen, dimorphen Eiproducten gebildet, da ja jedes der beiden Geschlechter einem besonderen Eie seine Entstehung verdankt. So wesentlich nun auch dieser Umstand die gonochoristischen Zeugungskreise von den hermaphroditischen zu trennen scheint, so verliert doch diese Differenz viel von ihrem Gewicht, sobald man sich erinnert, dass die Verschiedenheit der beiderlei Eiproducte, der männlichen und weiblichen, nicht in einer ursprünglichen Verschiedenheit der Eier begründet ist, sondern in der Wirkung bestimmter Einflüsse, welche die reifen Eier vor ihrer Entwickelung betreffen. Bei den Bienen liefert ein und dasselbe Ei, wenn es von den Zoospermien befruchtet wird, ein weibliches, wenn es nicht befruchtet wird, ein männliches Eiproduct. Bei den höheren Thieren scheint vielfach der verschiedene Entwickelungsgrad, den das Ei im Moment der Befruchtung erreicht hat, dafür entscheidend zu sein, ob aus demselben ein Männchen oder ein Weibchen wird. Wenigstens sollen bei den Wiederkäuern nach Thury's Behauptung diejenigen Eier, welche im Anfange der (mit der Loslösung der reifen Eier verbundenen) Brunst befruchtet werden, Weibchen, diejenigen dagegen, welche später, am Ende der Brunst befruchtet werden, Männchen liefern. Wie wenig zahlreich unsere Erfahrungen auf diesem Gebiete auch sind, so scheint doch soviel daraus hervorzugehen, dass die Differenz der beiden Geschlechter nicht durch eine ursprüngliche Verschiedenheit der Eier bedingt ist, sondern vielmehr von den Umständen abhängt, unter denen das Ei befruchtet wird. Je nach den verschiedenen Umständen der Befruchtung kann ein und dasselbe Ei sich entweder zu einem weiblichen oder zu einem männlichen Embryo gestalten. Für die Beurtheilung des sexuellen Dimorphismus der gonochoristen Zeugungskreise ist dieser Umstand sehr wichtig, denn es geht daraus hervor, dass die beiden verschiedenen Eiproducte, welche bei diesen Organismen die Species repräsentiren, lediglich als Differenzirungs-Resultate eines und desselben Eikörpers anzusehen sind, bedingt durch die verschiedenen Umstände seiner Befruchtung.

Während der Dimorphismus der Species, welcher durch die sexuelle Differenzirung der Zeugungskreise bedingt ist, im Thierreich so

ausserordentlich weit verbreitet und wichtig, im Pflanzenreiche seltener ist, so gehören dagegen diejenigen Fälle, in denen die Species durch mehr als zwei verschiedene polymorphe Eiproducte repräsentirt wird, zu den grossen Seltenheiten. Am ausgiebigsten entwickelt ist dieser mehrfache Polymorphismus der Eiproducte unter denjenigen Insecten, welche in Beziehung auf psychische Entwickelung die höchste Stufe unter den Gliederthieren einnehmen, insbesondere bei den Hymenopteren in den merkwürdigen Staaten der Ameisen, Bienen etc. Gewöhnlich sind es hier drei, selten vier oder sogar fünf verschiedene Eiproducte, welche die Species zusammensetzen. Der Trimorphismus der Bienen und vieler Ameisen beruht darauf, dass die Weibchen nur theilweise geschlechtsreif werden, während der andere Theil derselben, deren Genitalien sich nicht entwickeln, sich zu Arbeitern umgestaltet, so dass also die Species sich hier aus einem männlichen und zwei verschiedenen weiblichen Eiproducten zusammensetzt. Von dem Tetramorphismus, der bei den Termiten, Ameisen und einigen anderen Hymenopteren sich findet, ist es noch zweifelhaft, ob die beiden sogenannten „geschlechtslosen" Formen, die Arbeiter und die Soldaten, welche neben den entwickelten Männchen und Weibchen den Staat zusammensetzen, wirklich immer, gleich den letzteren, selbstständige Eiproducte sind, oder ob nicht mindestens die Soldaten in vielen Fällen bloss Larven von Sexualformen sind. Bei vielen Ameisen ist sicher das erstere der Fall, und namentlich bei den Gattungen *Eciton* und *Cryptocerus* ist jede Species wirklich aus vier verschiedenen Eiproducten zusammengesetzt, aus geflügelten Männchen und Weibchen, und zwei verschiedenen Classen von Arbeitern, grossköpfigen und kleinköpfigen. Bei den blättertragenden Ameisen oder Sauben, *(Oecodoma cephalotes)* finden sich sogar fünf verschiedene Formen von Zeugungskreisen in einer und derselben Species vor, indem neben den geflügelten Männchen und Weibchen hier nicht weniger als drei verschiedene Arten von geschlechtslosen Arbeitern sich finden: kleine Arbeiter, grosse Arbeiter und unterirdische Arbeiter. Hier liegt also wirklicher Pentamorphismus der Species vor [1]).

Man stellt diese polymorphen Thierstaaten der Insecten gewöhnlich mit den polymorphen Thiercolonieen der Siphonophoren etc. zusammen. Der wesentliche Unterschied Beider liegt aber darin, dass die polymorphen constituirenden Individuen der Gesammtheit im letzteren Falle ungeschlechtlich erzeugte morphologische Individuen fünfter Ord-

1) Vergl. über den Polymorphismus der Insecten und der Ameisen insbesondere die interessanten Angaben von Henry Walter Bates in seinem Reisewerke: Der Naturforscher am Amazonen-Strom (1866); einem Werke, welches reich an sehr werthvollen oecologischen Beobachtungen und besonders an wichtigen speciellen Beiträgen für die Descendenz-Theorie ist.

nung (Personen) sind, welche die concrete Form des Stockes, also ein physiologisches Individuum sechster Ordnung zusammensetzen; während sie im ersteren Falle geschlechtlich erzeugte Personen sind, welche als selbstständige physiologische Individuen (Bionten) ein genealogisches Individuum erster Ordnung, den polymorphen Eikreis in der abstracten Form des Thierstaates zusammensetzen. Der differenzirte Thierstaat ist also nichts Anderes als die specifische Einheit von mehreren polymorphen Bionten in einem amphigenen Generations-Cyclus.

Aus diesen Erläuterungen wird zur Genüge hervorgehen, dass der Polymorphismus der Zeugungskreise bei der Bestimmung der polymorphen Species wohl zu berücksichtigen ist, und dass demnach unsere Definition der Species als der genealogischen Individualität zweiter Ordnung die oben gegebene Fassung erhalten muss: „Die Species ist die Gesammtheit aller Zeugungskreise, welche unter gleichen Existenzbedingungen gleiche Form besitzen, und sich höchstens durch den Polymorphismus adelphischer Bionten unterscheiden."

V. Gute und schlechte Species.

„Gute und schlechte Arten" bilden eine der gebräuchlichsten Unterscheidungen in der systematischen Praxis. Gleichwohl haben die meisten Systematiker gar keine klaren oder nur falsche Vorstellungen über den eigentlichen Werth dieser Unterscheidung, wesshalb wir hier ein paar Worte darüber beifügen wollen.

„Gute Arten" werden gewöhnlich entweder solche Species genannt, deren meiste Charaktere innerhalb des kurzen Zeitraums, seit dem sie beobachtet sind, sich sehr wenig verändert haben, auch jetzt noch sehr wenig variiren und sich desshalb scharf umschreiben lassen; oder solche Arten, deren verbindende und den Uebergang zu anderen Arten vermittelnde Zwischenformen uns unbekannt sind, und deren unterscheidende Charaktere daher scharf hervortreten. Je besser wir eine Species kennen, je grösser die Anzahl der dazu gehörigen Individuen ist, die wir haben untersuchen können und je weiter ihr geographischer Verbreitungsbezirk ist, insbesondere aber je verschiedenartiger ihre Existenzbedingungen an den verschiedenen Wohnorten sind, desto umfangreicher und desto mehr divergirend ist gewöhnlich der Varietätenbüschel dieser Art, desto zahlreicher sind die unmittelbaren Uebergänge zu verwandten Arten und in desto mehr verschiedene Formengruppen lässt sich diese eine Species spalten, Formengruppen, die von den einen Systematikern für Arten, von den andern bloss für Varietäten gehalten werden. Daher sind denn in der Regel die am wenigsten bekannten Species die „besten", und sie werden um so schlechter, je besser

wir sie kennen lernen, je weiter wir die Divergenz ihres Varietätenbüschels verfolgen und je deutlicher wir ihren genealogischen Zusammenhang mit verwandten Formen nachweisen können. Wenn Jemand behaupten wollte, dass die grosse Mehrzahl aller bekannten Arten „gute“ seien, so würde sich diese Behauptung, ihre Wahrheit vorausgesetzt, ganz einfach aus unserer ausserordentlichen Unkenntniss von der übergrossen Mehrzahl aller Organismen-Arten erklären. Von unendlich vielen Arten sind nur einzelne wenige oder gar nur ein einziges Exemplar bekannt. Dazu kennt man die meisten nur von wenigen ihrer Wohnorte her, und bei weitem nicht aus allen Theilen des Gebiets, über welches sie verbreitet sind. Von sehr vielen Species kennen wir nur einzelne Alters- und Entwickelungs-Zustände, oder nur das eine der beiden Geschlechter. Und wie oberflächlich und ungenau sind die allermeisten Untersuchungen, auf welche neue Species begründet werden! Man begnügt sich mit der Erfassung dieses oder jenes mehr oder weniger in die Augen fallenden oberflächlichen Unterschieds, gewöhnlich in der Form, Färbung oder dem Grössenverhältniss eines einzelnen Theils hervortretend, ohne die geringe Bedeutung dieses specifischen Charakters, seine Variabilität etc. gehörig zu würdigen. Hierbei kommen wir wieder auf den Grundfehler zurück, der unsere ganze Systematik beherrscht, dass man stets nur bemüht ist, das Unterscheidende jeder organischen Form möglichst scharf hervorzuheben, während man das Gemeinsame, das sie mit den nächstverwandten Formen verbindet, gänzlich vernachlässigt. Zu welchen Irrthümern diese streng analytische Richtung und der Ausschluss der synthetischen Vergleichung führt, haben wir schon oben gezeigt, als wir die nothwendige Wechselwirkung von Analyse und Synthese erörterten (Bd. I, S. 74).

„Schlechte Arten“ im Sinne der Speciesfabricanten würden alle Species ohne Ausnahme sein, wenn wir sie vollständig kennen würden, d. h. wenn wir nicht allein ihren gesammten gegenwärtigen Formenkreis, wie er über die ganze Erde verbreitet ist, kennen würden, sondern auch alle ihre ausgestorbenen Blutsverwandten, die zu irgend einer Zeit gelebt haben. Es würden dann überall die verbindenden Zwischenformen und die gemeinsamen Stammformen der einzelnen Arten hervortreten, deren Kenntniss uns jetzt fehlt. Es würde ganz unmöglich sein, die einzelnen Formengruppen als Species scharf von einander abzugrenzen, so unmöglich als es an jedem Baume ist, zu sagen wo der eine Zweig aufhört und der andere anfängt. Die meisten derjenigen Arten, die wir genauer kennen, werden allerdings im Systeme als „gute Arten“ fortgeführt. Dies ist aber nur dadurch möglich, dass man einestheils nicht ihre historische Entwickelung und ihren genealogischen Zusammenhang mit den verwandten Formen berücksich-

tigt, anderntheils aber die zahlreichen am stärksten divergirenden und am meisten abweichenden Formen ihres Varietätenbüschels, die schon von Andern als „gute Arten“ angesehen werden, als „schlechte“ betrachtet, und als Varietäten um die „typische“ Hauptform sammelt. Aber auch desshalb erscheinen uns viele unter den genauer bekannten Species als „gute“, d. h. scharf zu umschreibende Arten, weil sie bereits im Erlöschen sind und ihrem Untergange entgegengehen, weil ihr Varietäten-Büschel sich nicht mehr ausdehnt, und weil sie schon auf einen engen Raum und einförmige Existenzbedingungen zurückgedrängt sind, so dass sie sich nicht mehr an neue Bedingungen anpassen können [1]).

VI. Stadien der specifischen Entwickelung.

Der Parallelismus in der Entwickelung der Individuen, der Arten und der Stämme zeigt sich, wie wir bereits oben hervorgehoben haben, auch darin, das sich drei verschiedene Stadien der Genesis in allen drei Entwickelungsreihen unterscheiden lassen (S. 320). Der Aufbildung, Umbildung und Rückbildung der Bionten oder physiologischen Individuen entspricht die Aufblühzeit, Blüthezeit und Verblühzeit der Arten und Stämme, sowie aller übrigen Kategorieen des Systems, welche zwischen die Arten und Stämme eingeschaltet werden. Wir beschränken uns an dieser Stelle darauf, jene drei Stadien in ihrer Bedeutung für die Entwickelung der Arten oder Species noch etwas näher zu betrachten.

I. Die Aufblühzeit der Arten *(Epacme specierum)*, welche das erste Stadium der specifischen Enwickelung bildet, und welche der Aufbildungszeit oder Anaplasis der physiologischen Individuen entspricht, ist gleich der letzteren vorzugsweise durch das Wachsthum charakterisirt. Sie beginnt mit der Entstehung der Arten, und reicht bis zu ihrer vollständigen Ausbildung, welche als Reife oder Blüthezeit das zweite Stadium der Art-Entwickelung bildet. Die Entstehung der Arten, welche der Entstehung des Individuums durch Zeugung entspricht, erfolgt durch die Wechselwirkung zwischen Vererbung und Anpassung, durch den Process der natürlichen Züchtung im Kampfe um das Dasein, welchen wir im neunzehnten Capitel ausführlich erörtert und als einen mechanisch-physiologischen Vorgang nachgewiesen haben [2]). Das Wachsthum der Arten besteht vorzüglich in einer

---

1) Vergl. auch über diesen Gegenstand das treffliche Schriftchen von A. Kerner: „Gute und schlechte Arten“ (Innsbruck, Wagner 1866), welches, gleich anderen Schriften desselben Botanikers („Das Pflanzenleben der Donauländer“ etc.) eine Fülle von vorzüglichen Beobachtungen zu Gunsten der Descendenz-Theorie und vortreffliche Bemerkungen über die Systematik enthält.

2) Wir sehen hier natürlich ab von der Autogonie der Moneren, von der Entste-

Zunahme der constituirenden Individuen und in ihrer Ausbreitung über einen gewissen Verbreitungs-Bezirk, dessen Existenz-Bedingungen so gleichartig sind, dass eine relative Constanz der Species innerhalb desselben möglich wird. Die Species erringt sich im Kampfe um das Dasein ihre specifische Position, ihre bestimmte Stelle im Naturhaushalt. Die vermittelnden Uebergangsformen, welche während der Entstehung der neuen Art aus der alten oder elterlichen Art Beide verbinden, und welche meistens rasch erlöschen, fallen gewöhnlich ganz in den Anfang der Aufblühzeit. Das epacmastische Wachsthum der Art ist vollendet, die Species ist gewissermaassen „ausgewachsen und reif", wenn im Ganzen eine weitere Ausdehnung über die Grenzen jenes Bezirks nicht mehr statt findet, und wenn die Individuen-Masse der Art innerhalb desselben im Grossen und Ganzen beständig bleibt. Es beginnt damit das zweite Stadium, die Blüthezeit.

II. Die Blüthezeit der Arten *(Acme specierum)*, welche das zweite Stadium der specifischen Entwickelung umfasst, und welche der Umbildungszeit oder Metaplasis der Bionten parallel ist, zeichnet sich gleich der letzteren vorzugsweise durch relative Constanz der Form, verbunden mit feineren Differenzirungs-Processen aus. Der Umfang der Art, die Anzahl ihrer constituirenden Individuen und die Ausdehnung ihres Verbreitungs-Bezirks bleibt während dieses Zeitraums im Grossen und Ganzen unverändert. Die Art ist nun „reif und ausgewachsen", befestigt sich innerhalb des erlangten Verbreitungs-Bezirks, der eine relative Constanz erhält, und passt sich innerhalb desselben möglichst den passendsten Existenz-Bedingungen an. Die Species behauptet und befestigt den specifischen Platz, die bestimmte Position, welche sie im Kampfe um das Dasein errungen hat, und vertheidigt dieselbe mit Glück gegen die Angriffe der mitbewerbenden Arten. Die meisten Arten entwickeln während der Blüthezeit einen höheren oder geringeren Grad von acmastischer Differenzirung. Sie bilden einen vielstrahligen und reichverzweigten Varietäten-Büschel, und durch die besondere Accommodation der Varietäten an verschiedenartige Existenz-Bedingungen erreicht die reife Art eine grössere Herrschaft, als es ohnedem möglich wäre. Die Varietäten können zum Theil innerhalb der Species-Schranke verharren und mit der Stammform durch viele verbindende Zwischenstufen continuirlich verbunden bleiben. Zum Theil können sie dieselbe auch überschreiten und sich zu selbstständigen neuen Arten entwickeln, indem die vermittelnden Uebergangsformen erlöschen. Die Art kann also schon während ihrer Blüthezeit zahlreiche neue Arten erzeugen und man kann selbst die Production neuer Spe-

hung der ersten Organismen jedes Phylum durch Generatio spontanea, da diese Stammformen, wie schon Schleiden bemerkte, kaum als eigentliche „Species" unterschieden werden können (Vergl. S. 332).

cies als ein Zeichen der kräftigen Acme bezeichnen, ebenso wie beim Individuum die Erzeugung neuer Bionten, die Fortpflanzung als Zeichen erlangter Reife (Metaplase) gilt. Doch darf diese Production nicht so weit gehen, dass die Stammform der Species selbst dabei abnimmt und zu Grunde geht. Sobald diese Abnahme eintritt, und die Stammform von ihren erzeugten „Abarten" ganz zurückgedrängt wird, so geht die Acme in die Paracme über.

III. Die Verblühzeit der Arten *(Paracme specierum)*, welche das dritte und letzte Stadium der specifischen Entwickelung darstellt, und welche der Rückbildungszeit oder Cataplase der Bionten correspondirt, ist ebenso wie die beiden vorhergehenden Stadien, bei den verschiedenen Arten von sehr verschiedener Dauer. Sie umfasst die gesammte Zeit der Abnahme der Arten, also vom Nachlasse der Acme an bis zu ihrem Ende. Bisweilen kann der Verlauf dieser Abnahme ein sehr rascher sein, und es kann die Art in verhältnismässig sehr kurzer Zeit aussterben, indem z. B. ein plötzlicher und höchst nachtheiliger Klimawechsel eintritt, oder indem ein übermächtiger Feind in den Kampf um das Dasein mit ihr tritt und sie rasch besiegt. So ist es historisch erwiesen von *Didus ineptus*, welcher innerhalb 81, und von der *Rhytine Stelleri*, welche innerhalb 27 Jahren von dem übermächtigen Menschen ausgerottet wurde. Gewöhnlich ist aber die Abnahme oder Decrescenz der Art eine viel langsamere, indem sie den errungenen Platz im Naturhaushalte, ihre feste Position im Kampfe um das Dasein hartnäckig vertheidigt und nur Schritt für Schritt von demselben zurückweicht. Je weiter aber ihr Verbreitungs-Bezirk dadurch eingeengt, je mehr die Species dadurch zurückgedrängt wird, desto rascher geht sie ihrem vollständigen Erlöschen, ihrem Ende entgegen. Oft wird dasselbe beschleunigt durch besondere Processe der paracmastischen Degeneration, wie es z. B. bei den aussterbenden Rothhäuten Amerika's der Fall ist, welche nicht bloss in dem Kampfe um das Dasein mit der übermächtigen weissen Menschen-Art erliegen, sondern auch gleichzeitig der inneren Degeneration ihres eigenen Volkslebens. Ebenso wie bei dieser Menschen-Art, wirken auch bei anderen Thierarten und bei Pflanzen-Arten nicht bloss äussere Einflüsse, sondern auch innere Veränderungen, die wir allgemein als paracmastische Degenerations-Processe bezeichnen können, und die den cataplastischen Degenerations-Processen der physiologischen Individuen analog sind, nachtheilig auf den Bestand der Art ein, und fördern ihren Untergang. In den meisten Fällen dürfte jedoch die Species ihren Untergang erleiden durch ihre eigenen Nachkommen, durch den Kampf um das Dasein mit den vervollkommneten neuen Arten, welche zuerst als Varietäten von ihr erzeugt worden sind, und welche sich nunmehr auf Unkosten ihrer schwächeren Stammform aus-

breiten. Sobald die Individuen-Zahl und der Verbreitungs-Bezirk der befestigten Art durch die übermächtige Entwickelung der von ihr erzeugten Varietäten, die sich durch Divergenz des Charakters und Anpassung an differenzirte Existenz-Bedingungen zu neuen „guten Arten“ entwickelt haben, wesentlich und in zunehmendem Maasse eingeschränkt wird, so hat damit die Paracme der Stammform begonnen, und sie geht früher oder später ihrem vollständigen Erlöschen entgegen. Das Aussterben der Species, ihr Ende, ist wahrscheinlich in den meisten Fällen eine solche allmähliche Vertilgung durch ihre übermächtig gewordenen Nachkommen, und nicht ein plötzlicher Tod durch eine einmalige Catastrophe.

Die Lebensdauer der verschiedenen Species ist natürlich aus allen diesen Gründen eine äusserst verschiedenartige, und das Alter, welches jede einzelne Art thatsächlich erreicht, wird einzig und allein durch die Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung, und durch den Einfluss der Existenzbedingungen, unter welchen dieselbe im Kampfe um das Dasein erfolgt, bestimmt. Je zäher die Art auf ihrer Acme beharrt und die erworbenen Eigenschaften auf ihre Nachkommen vererbt, je weniger ihre Existenzbedingungen sich ändern, desto länger wird ceteris paribus ihre Lebensdauer sein. Je leichter umgekehrt die Species sich neuen und sehr verschiedenen Existenzbedingungen anpasst, je weniger sie an den ererbten Species-Charakteren constant festhält, desto schneller wird sie sich in ein reiches Varietäten-Büschel auflösen, und desto kürzer wird ihre Lebensdauer sein. Einerseits also wird der Variabilitäts-Grad der Species, andererseits der Wechsel der Existenz-Bedingungen, denen sie sich anpassen muss, ihr Alter bedingen; und lediglich die unendliche Verschiedenheit dieser mechanischen Ursachen bewirkt die unendliche Verschiedenheit in der factischen Dauer der einzelnen Arten. Keineswegs aber ist für jede Species ein bestimmtes Alter prädestinirt. Natürlich ist es unter diesen Umständen völlig unmöglich, eine Durchschnitts-Dauer der verschiedenen Species festzusetzen, und die Versuche, welche verschiedene Naturforscher gemacht haben, die durchschnittliche oder mittlere Dauer der Arten auf paläontologisch-empirischem Wege zu bestimmen, mussten selbstverständlich zu den grössten Widersprüchen führen. Während die sehr zähen Arten einen Zeitraum von mehreren geologischen Perioden überdauern können, gehen die weniger constanten vielleicht schon im zehnten, und die sehr variablen Arten schon in weniger als dem tausendsten Theile eines solchen Zeitraums zu Grunde.

Dreiundzwanzigstes Capitel.

Entwickelungsgeschichte der Stämme oder Phylen.

(Naturgeschichte der organischen Stämme oder der genealogischen Individuen dritter Ordnung.)

> „Die Schwierigkeit, Idee und Erfahrung mit einander zu verbinden, erscheint sehr hinderlich bei aller Naturforschung: die Idee ist unabhängig von Raum und Zeit, die Naturforschung ist in Raum und Zeit beschränkt; daher ist in der Idee Simultanes und Successives innigst verbunden, auf dem Standpunkt der Erfahrung hingegen immer getrennt."
> Goethe.

I. Functionen der phyletischen Entwickelung.

Die Phylogenese oder paläontologische Entwickelung, die Divergenz der blutsverwandten Formen, welche zur Entstehung der Arten, Gattungen, Familien und aller anderen Kategorieen des organischen Systems führt, ist ein physiologischer Process, welcher, gleich allen übrigen physiologischen Functionen der Organismen, mit absoluter Nothwendigkeit durch mechanische Ursachen bewirkt wird. Diese Ursachen sind Bewegungen der Atome und Moleküle, welche die organische Materie zusammensetzen, und die unendliche Mannichfaltigkeit, welche sich in den phyletischen Entwickelungsprocessen offenbart, entspricht einer gleich unendlichen Mannichfaltigkeit in der Zusammensetzung der organischen Materie, und zunächst der Eiweissverbindungen welche das active Plasma der constituirenden Plastiden aller Organismen bilden. Die phyletische oder paläontologische Entwickelung der Stämme und ihrer sämmtlichen subordinirten Kategorieen ist also weder das vorbedachte zweckmässige Resultat eines denkenden Schöpfers, noch das Product irgend einer unbekannten mystischen Naturkraft, sondern die einfache und nothwendige Wirkung derjenigen bekannten physikalisch-chemischen Processe, welche uns die Physiologie als mechanische Entwickelungs-Functionen der organischen Materie nachweist.

Die physiologischen Functionen, auf welche sich sämmtliche phyletische oder paläontologische Entwickelungs-Erscheinungen als auf ihre bewirkenden Ursachen zurückführen lassen, sind die beiden fundamentalen Entwickelungs-Functionen der Vererbung *(Hereditas)* und der Anpassung *(Adaptatio)*, von denen die erstere eine Theilerscheinung der Fortpflanzung, die letztere der Ernährung ist. Die beiden ursprünglichen Conservations-Functionen der Propagation (Erhaltung der Art) und der Nutrition (Erhaltung des Individuums) genügen also vollständig, um durch ihre beständige Wechselwirkung unter dem Einflusse der in der Aussenwelt gegebenen Existenz-Bedingungen die Divergenz der Arten, und somit die Entwickelung der Stämme zu bewirken. Diese Grundanschauung halten wir zum richtigen Verständniss der Phylogenese für unentbehrlich. Wie wir vermittelst der Descendenz-Theorie zu derselben gelangt sind, ist im neunzehnten Capitel von uns erörtert worden. Die daselbst von uns erläuterte Entstehung der Arten durch natürliche Züchtung, durch die Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung im Kampf um das Dasein, ist in der That weiter nichts, als die Grundlage der phyletischen Entwickelung selbst. Das ganze neunzehnte Capitel würde eigentlich hier seine Stelle finden. Wir haben es aber absichtlich dem fünften Buche überwiesen, weil die Ontogenese oder die individuelle Entwickelungsgeschichte ohne die Phylogenese oder die paläontologische Entwickelungsgeschichte gar nicht zu verstehen ist, und weil die Erläuterung der phyletischen Entwickelungs-Functionen, welche die Selections-Theorie und die durch sie begründete Descendenz-Theorie giebt, für das Verständniss der biontischen Entwickelungs-Functionen unerlässlich ist.

II. Stadien der phyletischen Entwickelung.

Die Stämme sowohl, als alle untergeordneten Kategorieen derselben, von der Classe und Ordnung bis zur Gattung und Art herab, zeigen ihren Parallelismus mit der individuellen Entwicklung, wie schon oben gezeigt wurde, auch darin, dass im Laufe ihrer historischen Entwickelung mehrere verschiedene Stadien sich unterscheiden lassen, welche den Stadien der individuellen Entwickelung entsprechen (S. 320). Den drei Perioden der ontogenetischen Anaplase, Metaplase und Cataplase entsprechend haben wir die drei Abschnitte der phylogenetischen Epacme, Acme und Paracme unterschieden, welche ebensowohl bei den ganzen Stämmen, wie bei den ihnen untergeordneten Gruppen sich finden. Wie sich die Arten oder Species hierin verhalten, ist bereits oben erörtert. Wir wenden uns daher hier nur zu den Entwicklungs-Stadien der höheren Stamm-Gruppen, von dem Genus und der Familie an aufwärts, wobei wir ausdrücklich bemerken, dass auch in dieser Bezie-

hung ein scharfer und absoluter Unterschied zwischen den verschiedenen Kategorieen des natürlichen Systems ebenso wenig existirt, als ein solcher sich in anderer Hinsicht constatiren lässt. Alle Genera und Familien, Ordnungen und Classen, sowie auch alle diesen subordinirte Gruppen des Systems, die Subgenera, Subfamilien, Sectionen, Tribus etc. verhalten sich auch hinsichtlich der Entwickelungs-Stadien ebenso wie die ganzen Stämme, welche sie zusammensetzen, und wie die Arten, aus denen sie selbst zusammengesetzt sind.

I. Die Aufblühzeit oder *Epacme* der Phylen und ihrer subordinirten Kategorieen umfasst das erste Stadium ihrer phyletischen Entwickelung, welches dem Jugendalter oder der Anaplase der Bionten entspricht, und von ihrer Entstehung bis zum Beginne der Blüthezeit reicht. Die erste Entstehung der Stämme ist in allen Fällen als Archigonie, und wohl meistens, vielleicht immer als Autogonie (nicht als Plasmogonie) zu denken, wie wir bereits im sechsten und siebenten Capitel des zweiten Buches (Bd. I, S. 179, 205) und im siebzehnten Capitel (Bd. II, S. 33) erörtert haben. Sie beginnt mit der Archigonie von structurlosen Moneren, aus denen sich zunächst nur monoplastide, später erst polyplastide Species differenziren. Die Entstehung der subordinirten Kategorieen der Stämme dagegen erfolgt durch die Divergenz des Charakters der Species, welche aus der Differenzirung der autogonen Moneren hervorgehen, durch das Erlöschen der verbindenden Zwischenformen zwischen den divergirenden Species. Derjenige Process, welcher nun bei der weiteren Entwickelung der entstandenen Stämme und ihrer subordinirten Gruppen das Stadium der Epacme vorzugsweise charakterisirt, ist das Wachsthum. Die phyletische Crescenz äussert sich ebenso wie die specifische zunächst in der progressiven Zunahme der Individuen-Zahl und in der Ausdehnung des von ihnen eroberten Verbreitungsbezirks. Ebenso wie die Arten, so erringen sich auch die aus ihrer Divergenz entstehenden Gattungen, Familien, Classen etc. und ebenso der ganze Stamm, welchem alle diese Gruppen angehören, während ihres epacmastischen Wachsthums eine Anzahl von Stellen im Naturhaushalte, und vertheidigen die so gewonnenen Positionen im Kampf um das Dasein gegenüber den in Mitbewerbung befindlichen Gruppen. So lange jede Gruppe sich immer weiter ausbreitet, so lange die Zahl der ihr untergeordneten Gruppen, und damit zugleich der Individuen, in denen sie verkörpert sind, zunimmt, so lange ist die Gruppe im Wachsthum begriffen, und erst wenn eine weitere quantitative Zunahme und Ausdehnung ihres Verbreitungsbezirks im Grossen und Ganzen nicht mehr stattfindet, beginnt die zweite Periode der Entwickelung, die Acme.

II. Die Blüthezeit oder *Acme* der Phylen und der verschiede-

nen untergeordneten Systems-Gruppen, welche das zweite Stadium der phyletischen Entwickelung bildet und als solches dem Reifealter oder der Metaplase der Bionten correspondirt, ist gleich dem letzteren vorzüglich durch qualitative Vervollkommnung ausgezeichnet, gegen welche das quantitative Wachsthum nunmehr zurücktritt. Das Genus, die Familie, Ordnung, Classe etc., ebenso der ganze Stamm, welcher sich in der Blüthezeit, auf der Höhe seiner Entwickelung befindet, nimmt nicht mehr oder doch nicht wesentlich am Umfang, wohl aber an Vollkommenheit zu. Die phyletische Position, der geographische und topographische Verbreitungs-Bezirk, welchen die Gruppe im Kampf um das Dasein errungen hat, wird behauptet und befestigt, und gegen die Angriffe der mitbewerbenden Gruppen mit Erfolg vertheidigt. Dieser Kampf an sich schon vervollkommnet die Gruppe, und zwingt sie, sich möglichst gut den verschiedenen Existenz-Bedingungen innerhalb des errungenen Gebiets anzupassen. Daher finden in grosser Ausdehnung Processe der acmastischen Differenzirung statt, indem jede Gruppe in einen reichen und vielverzweigten Büschel von subordinirten Gruppen zerfällt. Jedes Genus bildet eine Menge Subgenera, jede Familie eine Anzahl Subfamilien, jede Ordnung eine Gruppe von Unterordnungen u. s. w. Die reichliche Production solcher subordinirter Gruppen, welche wesentlich durch Divergenz des Characters und Ausfall der verbindenden Zwischenformen erfolgt, charakterisirt die Acme jeder Gruppe ebenso, wie die Erzeugung neuer Individuen die Metaplase der Bionten. Erst wenn die erzeugten Gruppen so weit divergiren, dass sie die Ranghöhe der parentalen Gruppe erreichen und selbst überschreiten, so dass die letztere hinter ihnen zurücktritt, erst dann ist die Acme der letzteren vorbei und die Paracme hat begonnen.

III. Die Verblühzeit oder *Paracme* der Phylen und ihrer subordinirten Kategorieen begreift das dritte und letzte Stadium ihrer Entwickelung und entspricht als solches dem Greisenalter oder der Cataplase der physiologischen Individuen. Sie umfasst die ganze Zeit vom Ende der Acme bis zum Erlöschen der Gruppe, und verläuft meist, wie die entsprechende Decrescenz der Art, langsam und allmählich. Wie bei den Species, sind es auch bei den übergeordneten Gruppen des Systems, bei den Gattungen, Familien, Classen u. s. w. vorzugsweise die nächstverwandten und die coordinirten Gruppen einer jeden Kategorie, welche sich auf Kosten der letzteren entwickeln und ihren Untergang herbeiführen. Namentlich sind auch hier wieder am gefährlichsten für ihr Bestehen die eigenen Nachkommen, d. h. die aus der Differenzirung der reifen Gruppe hervorgegangenen neuen Gruppen, welche anfänglich subordinirt sind, späterhin aber durch fortschreitende Vervollkommnung und Ausfall der verbindenden Zwischenform sich zur gleichen Stufenordnung erheben und nunmehr über die parentale Stamm-

gruppe das Uebergewicht gewinnen. In weiterem Sinne kann auch dieses Zurückbleiben der letzteren hinter den ersteren als paracmastische Degeneration bezeichnet werden, insofern die parentale Gruppe nicht mehr den Anforderungen entspricht, welche die gesteigerten Existenz-Bedingungen an sie stellen, während sie früher denselben gewachsen war. Doch ist diese Degeneration wohl mehr ein Mangel an der nothwendigen Fortbildung, als eine positive Rückbildung, und es erfolgt der Untergang der Gruppen in der Mehrzahl der Fälle weniger durch vollständiges Aussterben, durch Erlöschen aller Zweige derselben, als vielmehr durch einseitige Fortbildung und bevorzugte Ausbildung einzelner Zweige, welche sich auf Kosten ihrer coordinirten und übergeordneten älteren Zweige entwickeln. Je höher der Rang einer systematischen Gruppe ist, desto weniger leicht tritt ihr vollständiges Erlöschen ein, weil desto grösser die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit ist, dass auch beim Erlöschen des grössten Theils der Gruppe doch noch einer oder der andere Zweig derselben erhalten bleibt und den ursprünglichen Stamm in dieser Richtung fortsetzt. Daher ist die Zahl der ausgestorbenen Gattungen nicht bloss absolut, sondern auch relativ viel grösser als die Zahl der ausgestorbenen Familien, diese letztere ebenso viel grösser als die Zahl der ausgestorbenen Ordnungen, und diese wiederum viel grösser als die Zahl der ausgestorbenen Classen. Von letzteren kennen wir nur sehr wenige, und von ausgestorbenen ganzen Stämmen mit Sicherheit sogar kein Beispiel, obwohl es offenbar ist, dass einzelne Stämme bereits auf dem Wege der Rückbildung, in der Verblühzeit sind, wie z. B. derjenige der Mollusken. Vielleicht stellt die Gruppe der Petrospongien einen völlig erloschenen Stamm dar (vergl. die systematische Einleitung).

III. Resultate der phyletischen Entwickelung.

Die physiologischen Functionen der phyletischen Entwickelung, deren Wechselwirkung wir im neunzehnten Capitel ausführlich dargelegt haben, Vererbung und Anpassung, führen unmittelbar und mit absoluter Nothwendigkeit die höchst bedeutenden und grossartigen Veränderungen der Organismen-Welt herbei, welche wir ebendaselbst als das Divergenz-Gesetz und als das Fortschritts-Gesetz erläutert haben. Das allgemeinste Endresultat dieses ungeheueren und unaufhörlich thätigen Entwickelungs-Processes ist in jedem einzelnen Abschnitt der Erdgeschichte einerseits die endlose Mannichfaltigkeit, welche sich in der Form und Structur der verschiedenen Protisten, Pflanzen und Thiere offenbart, andererseits die allgemeine Familien-Aehnlichkeit oder die „Formen-Verwandtschaft", welche trotzdem die blutsverwandten Organismen eines jeden Stammes zu einem Systeme von subordinirten

Formengruppen verbindet. Diese natürliche Gruppirung der „verwandten“ Organismen in zahlreiche über und neben einander geordnete Gruppen oder Kategorieen, die Thatsache, dass nur eine sehr geringe Anzahl von obersten, grundverschiedenen Hauptgruppen existirt, unter welche alle übrigen als „verwandte“ Formen sich einordnen lassen, diese Thatsache ist lediglich das einfache und nothwendige Resultat des phyletischen Entwickelungsprocesses, und die Selections-Theorie zeigt uns im Allgemeinen, warum dieses Resultat gerade so erfolgen musste, wie es wirklich erfolgt ist.

Wir stehen hier vor einem der grössten und bewunderungswürdigsten Phänomene der organischen Natur, vor der Thatsache des natürlichen Systems oder der baumförmig verzweigten Anordnung der verwandten Organismen-Gruppen, einer Thatsache, von der Darwin sehr richtig bemerkt, dass wir das Wunderbare derselben nur in Folge unserer vollständigen Gewöhnung daran zu übersehen pflegen. Von frühester Jugend an von einer Fülle ähnlicher und doch verschiedener Gestalten umgeben, gewöhnen wir uns schon, indem wir sprechen lernen, daran, die verwandtesten Formen unter einer engen Collectivbezeichnung zusammenzufassen und die divergenteren Formen wieder unter einem weiteren Collectivnamen zu vereinigen. So unterscheiden wir zuerst Thiere und Pflanzen, dann unter den Thieren Vögel und Fische, unter den Vögeln Raubvögel und Schwimmvögel u. s. w. Kurz die Gruppenbildung, die Specification des natürlichen Systems verwächst so frühzeitig mit allen unseren Vorstellungen, dass wir dieselbe nur zu leicht als etwas Selbstverständliches betrachten und das grosse Räthsel übersehen, welches uns die Verwandtschaft der Formen beständig vorlegt. Am auffallendsten zeigt sich dies bei den gedankenlosen Systematikern, welche ihr ganzes Leben mit der Umschreibung und Bezeichnung der Systems-Gruppen, mit der Registratur und Nomenclatur der Organismen verbringen, und dennoch niemals oder nur selten sich die naheliegende Frage nach der Ursache dieser merkwürdigen Gruppenbildung vorlegen.

Die Lösung dieses „heiligen Räthsels“, dieses „geheimen Gesetzes“ von der „Verwandtschaft“ der organischen Gestalten ist einzig und allein in der Descendenz-Theorie zu finden. Nachdem Goethe schon 1790 auf diese Lösung hingewiesen, nachdem Lamarck dieselbe 1809 wesentlich weiter geführt hatte, wurde sie endlich 1859 durch Darwin vollendet, welcher in dem dreizehnten Capitel seiner Selections-Theorie das natürliche System für den Stammbaum der Organismen und „gemeinsame Abstammung für das Band erklärte, wonach alle Naturforscher unbewusster Weise in ihren Classificationen gesucht haben, nicht aber ein unbekannter Schöpfungs-Plan, oder eine bequeme Form für allgemeine Beschreibung, oder eine an-

gemessene Methode, die Naturgegenstände nach den Graden ihrer Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit zu sortiren." Sobald wir den Grundgedanken der Descendenz-Theorie richtig erfasst und uns mit den nothwendigen Consequenzen desselben vertraut gemacht haben, so muss uns die wunderbare Thatsache der Gruppenbildung im natürlichen System als das nothwendige Resultat des natürlichen Züchtungs-Processes, d. h. der mechanischen Entwickelung der Stämme erscheinen. Bei der ausserordentlichen Wichtigkeit dieses Verhältnisses wollen wir dasselbe im folgenden Capitel noch ausführlicher betrachten.

IV. Die dreifache genealogische Parallele.

Schon zu wiederholten Malen haben wir in diesem und im ersten Bande auf den dreifachen Parallelismus der phyletischen (paläontologischen), der biontischen (individuellen) und der systematischen (specifischen) Entwickelung hingewiesen als auf eine der grössten, merkwürdigsten und wichtigsten allgemeinen Erscheinungsreihen der organischen Natur. Bisher ist dieselbe nicht entfernt in dem Maasse, in welchem sie es verdient, hervorgehoben und an die Spitze der organischen Morphologie gestellt worden. Sehr vielen sogenannten Zoologen und Botanikern ist dieselbe gänzlich unbekannt; die meisten Anderen, denen sie bekannt ist, bewundern sie als ein schnurriges Curiosum oder als einen Ausfluss der unverständlichen Weisheit eines unverständlichen Schöpfers. Sehr wenige Naturforscher nur haben bisher das ganze colossale Gewicht dieses grossartigen Phänomens begriffen und nach einem wirklichen Verständniss desselben gesucht. Dieses Verständniss ist aber nur durch die Descendenz-Theorie zu gewinnen, welche uns die dreifache genealogische Parallele ebenso einfach als vollständig erklärt, wie andererseits die Parallele selbst eine der stärksten Stützen der Descendenz-Theorie ist.

Seltsamer Weise hat derjenige Naturforscher, welcher bisher den Parallelismus der phyletischen, biontischen und systematischen Entwickelung am meisten hervorgehoben und am längsten besprochen hat. Louis Agassiz, gerade den entgegengesetzten Weg zu seiner Erklärung betreten, und es vorgezogen, dadurch den indirecten Beweis für die Wahrheit der Descendenz-Theorie zu führen. Denn nur als solchen können wir die seltsamen teleologisch-theosophischen Speculationen bezeichnen, welche der geistvolle Agassiz in seinem berühmten dualistischen „Essay on classification" zur Erklärung der dreifachen genealogischen Parallele herbeizieht, und durch deren Ausführung er zeigt, dass dieselben in der That Nichts erklären!

Was nun die mechanisch-monistische Erklärung der dreifachen genealogischen Parallele selbst betrifft, so haben wir bereits im fünf-

ten Buche und namentlich im achtzehnten und neunzehnten Capitel darüber so Viel gesagt, dass wir hier nur die wichtigsten Punkte nochmals hervorheben wollen. Auszugehen ist dabei immer zunächst von der paläontologischen Entwickelung, an welche die individuelle Entwickelung sich als kurze und schnelle Recapitulation, die systematische Entwickelung dagegen als das anatomische Resultat, wie wir es im vorhergehenden Abschnitte bezeichnet haben, unmittelbar anschliesst.

I. Der Parallelismus zwischen der phyletischen (paläontologischen) und der biontischen (individuellen) Entwickelung erklärt sich einfach mechanisch aus den Vererbungs-Gesetzen und insbesondere aus den Gesetzen der gleichzeitlichen, der gleichörtlichen und der abgekürzten Vererbung. Alle Erscheinungen, welche die individuelle Entwickelung begleiten, erklären sich lediglich, soweit sie nicht unmittelbares Resultat der Anpassung an neue Existenz-Bedingungen sind, aus der paläontologischen Entwickelung der Vorfahren des Individuums. Die gesammte Ontogenie ist eine kurze und schnelle Recapitulation der langen und langsamen Phylogenie, wie wir im achtzehnten Capitel für die morphologischen Individuen aller sechs Ordnungen einzeln nachgewiesen haben.

II. Der Parallelismus zwischen der phyletischen (paläontologischen) und der systematischen (specifischen) Entwickelung erklärt sich einfach aus der Descendenz-Theorie und speciell aus den Gesetzen der Divergenz und des Fortschritts, insbesondere aber aus dem Umstande, dass die divergente Entwickelung der verschiedenen Zweige und Aeste eines und desselben Stammes so äusserst ungleichmässig in Bezug auf Grad und Schnelligkeit der Veränderung verläuft. Einige Aeste haben sich seit der silurischen Zeit fast unverändert erhalten, wie z. B. die Colastren unter den Echinodermen, die Phyllopoden unter den Crustaceen; andere haben sich zwar bedeutend, aber doch nur langsam verändert, wie z. B. die Crinoiden unter den Echinodermen, die Macruren unter den Crustaceen; noch andere haben sich endlich sehr bedeutend und sehr rasch verändert, wie z. B. die Echiniden unter den Echinodermen, die Brachyuren unter den Crustaceen. Ebenso haben sich unter den Cormophyten die Farrne seit der Steinkohlen-Zeit nur sehr wenig, die Coniferen mässig stark, die erst in der Tertiärzeit entstandenen Gamopetalen sehr bedeutend verändert; die ersten haben sich sehr langsam, die zweiten mässig rasch, die dritten sehr schnell entwickelt; die ersten sind ihren ursprünglichen Stammeltern sehr ähnlich, und daher auf einer verhältnissmässig tiefen Stufe stehen geblieben (langsam reife [bradypepone] oder sehr zähe Typen); die zweiten haben sich mässig entwickelt, indem sie zwischen conservativer und progressiver Richtung hin und her schwankten (mittelreife [mesopepone] oder halb-

zähe Typen); die dritten endlich, schnell und kräftig neuen, günstigen Existenz-Bedingungen sich anpassend, haben in kurzer Zeit einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht (schnellreife [tachypepone] oder nichtzähe Typen). Unter den Wirbelthieren gehören z. B. die Rochen und die Monitoren zu den langsamreifen, die Ganoiden und die Crocodile zu den mittelreifen, die Acanthopteren und Dinosaurier zu den schnellreifen Typen. In vielen Fällen sind die langsamreifen zugleich polytrope oder ideale, die schnellreifen zugleich monotrope oder praktische Typen (S. 222); in vielen Fällen findet aber auch gerade das Gegentheil statt, so dass jene Kategorieen sich keineswegs decken. Jeder Blick auf die paläontologische Uebersichts-Tabelle irgend einer Organismen-Gruppe lehrt uns die äusserst ungleichmässige, an Schnelligkeit, Qualität und Quantität der Veränderung äusserst divergente Entwickelung ihrer verschiedenen Formenbüschel, und so erklärt sich vollständig die aufsteigende und baumförmig verästelte Gestalt, welche das natürliche System aller gleichzeitig lebenden Glieder der Gruppe als das anatomische Resultat ihrer phyletischen Entwickelung darbietet und welche der aufsteigenden und baumähnlich verästelten Form entspricht, die ihre gemeinsamen Vorfahren durch ihre paläontologische Entwickelungs-Reihe bilden.

III. Der Parallelismus zwischen der biontischen (individuellen) und der systematischen (specifischen) Entwickelung erklärt sich einfach schon aus der Verbindung der beiden vorigen Parallelen. Wenn zwei Linien (systematische und biontische Entwickelungsreihe) einer dritten (der phyletischen Entwickelungsreihe) parallel sind, so sind sie auch unter einander parallel (so ist auch die systematische der biontischen Entwickelungsreihe parallel). Die Parallele der phyletischen und systematischen Entwickelungsreihe zeigt uns (z. B. in der aufsteigenden Stufenleiter der Wirbelthier-Classen oder in derjenigen der Cormophyten-Gruppen (Pteridophyten, Gymnospermen, Monocotyledonen, Monochlamydeen, Polypetalen, Gamopetalen), dass die verschiedenen Stufen der paläontologischen Entwickelung nicht allein in der Zeit aufeinanderfolgen, sondern auch im Systeme der gegenwärtig lebenden Organismen eine jener successiven Scala parallele coexistente, aufsteigende Stufenleiter bilden, indem von jeder Stufe sich zähe, bradypepone Repräsentanten erhalten und bis zur Gegenwart nur wenig verändert haben, während ihre Geschwister sich der Veränderung zuneigten und zu tachypeponen Seitenzweigen schnell entwickelten. Andererseits zeigt uns die Parallele der phyletischen und biontischen Entwickelung, dass die letztere nur eine kurze und schnelle Recapitulation der ersteren ist. Es muss daher mit Nothwendigkeit auch die biontische Entwickelung im Ganzen der systematischen parallel verlaufen.

Vierundzwanzigstes Capitel.

Das natürliche System als Stammbaum.

(Principien der Classification.)

„Der Triumph der physiologischen Metamorphose zeigt sich da, wo das Ganze sich in Familien, Familien sich in Geschlechter, Geschlechter in Sippen, und diese wieder in andere Mannichfaltigkeiten bis zur Individualität scheiden, sondern und umbilden. Ganz ins Unendliche geht dieses Geschäft der Natur; sie kann nicht ruhen noch beharren, aber auch nicht Alles, was sie hervorbrachte, bewahren und erhalten. Haben wir doch von organischen Geschöpfen, die sich in lebendiger Fortpflanzung nicht verewigen konnten, die entschiedensten Reste. Dagegen entwickeln sich aus dem Samen immer abweichende, die Verhältnisse ihrer Theile zu einander verändert bestimmende Pflanzen.“ Goethe (1819).

I. Begriffsbestimmung der Kategorieen des Systems.

Die Aehnlichkeits-Beziehungen, welche zwischen den verschiedenen Formen der Organismen existiren, und welche man gewöhnlich mit dem Ausdruck der Verwandtschaft bezeichnet, sind sowohl hinsichtlich ihrer Qualität als Quantität ausserordentlich verschieden. Auf die Erkenntniss dieser Verschiedenheit gründet sich grösstentheils die kunstvolle Gliederung der meisten organischen Systeme, ihr Aufbau aus zahlreichen, theils über, theils neben einander geordneten Gruppen oder Kategorieen, die Unterscheidung der Classen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Arten, Varietäten u. s. w. Alle diese verschiedenen Kategorieen des Systems unterscheiden sich vorzugsweise durch den Grad der Aehnlichkeit oder Verschiedenheit in der äusseren Form und in der inneren Structur, welcher die verwandten Formen theils näher zusammenstellt, theils weiter trennt. Je mehr sich die Systematik entwickelte, desto sorgfältiger fing man an, diese verschiedenen Aehnlichkeitsgrade gegen einander vergleichend abzuwägen, und desto mehr differenzirte und erweiterte sich die Stufenleiter der darauf gegründeten Kategorieen.

Eine klare und bestimmte Unterscheidung der verschiedenen Kategorieen des Systems begann jedoch erst im Anfange des vorigen Jahrhunderts, als der um die formelle Ausbildung der systematischen Naturgeschichte hochverdiente Linné mittelst der binären Nomenclatur eine logisch geordnete Benennung und strengere systematische Anordnung der bis dahin regellos benannten und zusammengeworfenen Organismen einführte. Linné unterschied fünf über einander geordnete Stufenreihen oder Kategorieen des Systems, deren gegenseitige Beziehungen er in dem folgenden Schema ausdrückte:

Classis (Genus summum)	Ordo (Genus intermedium)	Genus (Genus proximum)	Species (Species)	Varietas (Individuum)
Provinciae	Territoria	Paroecia	Pagi	Domicilium
Legiones	Cohortes	Manipuli	Contubernia	Miles.

Die Nachfolger Linné's waren meistens vor Allem bestrebt, die zu beschreibenden Arten in diese Kategorieen einzuordnen. Die Thierclassen aber, als die allgemeinsten und umfassendsten dieser Kategorieen, wurden von ihnen in eine einzige Reihe von der niedersten bis zur höchsten geordnet, gleich wie auch innerhalb der Classe die Ordnungen, innerhalb jeder Ordnung die dieselbe constituirenden Familien, innerhalb der Familie die verschiedenen Genera derselben, und endlich innerhalb jedes Genus seine Species in einer einzigen Reihe hinter einander geordnet wurden. Man hielt dafür, dass eine einzige, in eine continuirliche Reihe geordnete Stufenleiter vom unvollkommensten bis zum vollkommensten Organismus hierauf führe („la chaine des êtres").

Diese Anschauung wurde erst überwunden und ein wesentlicher Schritt weiter in der Systematik gethan, als im Anfange unseres Jahrhunderts gleichzeitig zwei grosse Naturforscher die Theorie von den vier grundverschiedenen Typen oder grossen Hauptabtheilungen des Thierreichs aufstellten, die ganz von einander unabhängig seien. Carl Ernst von Bär gelangte zu dieser höchst wichtigen Anschauung auf vergleichend embryologischem, George Cuvier dagegen auf vergleichend anatomischem Wege. Cuvier fand den Grund der fundamentalen Verschiedenheit der vier thierischen Typen oder Hauptformen (Embranchements) in vier grundverschiedenen Bauplänen, welche deren anatomischer Structur zu Grunde liegen [1]). Bär fand den we-

[1]) „Si l'on considère le regne animal en n'ayant égard qu' à l' organisation et à la nature des animaux, on trouvera, qu'il existe quatre formes principales, quatre plans généraux, si l'on peut s'exprimer ainsi, d'après lesquels tous les animaux semblent avoir été modelés, et dont les divisions ultérieures, de quelque titre que les naturalistes les aient décorées, ne sont que des modifications assez légères, fondées sur le développement ou l'addition de quelques parties, qui ne changent rien à l'essence du plan." Wir führen diese 1812 von Cuvier gegebene Definition der vier Typen des Thierreichs, als auf vier verschiedenen Baupläne begründet, hier wörtlich an, da sie für die nachfolgende

sentlichsten Unterschied derselben in ihrer von Anfang an gänzlich verschieden embryonalen Entwickelungsweise. Nach der übereinstimmenden und unabhängig von einander erworbenen Ansicht beider Forscher stellten die vier grossen Hauptgruppen, die Wirbelthiere, Gliederthiere, Weichthiere und Strahlthiere, ebenso viele ganz selbstständige Entwickelungsreihen dar, deren jede, unabhängig von den anderen, eine Stufenleiter von niederen zu höheren Formen zeigt[1]).

Durch diese Aufstellung der Typen, als allgemeinster und umfassendster Hauptabtheilungen und oberster Kategorieen des Systems, denen sich alle verschiedenen Classen u. s. w. unterordnen liessen, war eine höchst wesentliche Erweiterung nicht allein der formellen Systematik, sondern auch der gesammten Morphologie geschehen. Eine weitere wesentliche Bereicherung des systematischen künstlichen Fachwerks führte Cuvier dadurch ein, dass er zuerst natürliche Familien unterschied, eine Kategorie des Systems, die er zwischen Ordo und Genus stellte, und die Linné unbekannt war. Ausserdem schuf Cuvier in seinem Systeme auch noch eine Anzahl anderer untergeordneter, jedoch über dem Genus stehender Kategorieen, die er mit dem Namen der Sectionen, Divisionen und Tribus belegte, sowie er auch die grossen Genera in Subgenera spaltete.

Auf dieser von Cuvier gegebenen formellen Grundlage des Systems hat sich nun die neuere Systematik in seinem Sinne weiter entwickelt, ohne dass sie sich in der Regel die geringste Mühe gab, den relativen Werth der verschiedenen über einander geordneten Kategorieen näher zu prüfen und zu bestimmen. Vielmehr verfuhren die allermeisten Systematiker bei der Einreihung neuer Arten und Gattungen in das System lediglich nach einem gewissen praktischen, durch Uebung erworbenen Takt, wobei jedoch häufig das subjective Gutdünken sehr willkührlich obwaltete. Man fasste im Allgemeinen immer zuerst die nächstähnlichen concreten Individuen, welche zur Untersuchung vorlagen, in der abstracten Einheit der Art oder Species zusammen, vereinigte dann die sich am nächsten stehenden, nur durch „specifische" Merkmale getrennten Species zu einem Genus, die nächst ähnlichen Genera zu einer Familie u. s. w., wobei man dann je nach

---

Zoologie in dieser speciellen Form und Ausdrucksweise vom entscheidendsten Einfluss geblieben ist.

1) Wir bemerken hierbei ausdrücklich, dass Bär nicht allein gleichzeitig und ganz unabhängig von Cuvier den grossen und fruchtbaren Gedanken von der Selbstständigkeit der vier thierischen Typen erfasste, sondern dass er denselben auch mit weit tieferem und innigerem Verständniss des thierischen Organismus durchführte, indem er ihn auf die Entwickelungsgeschichte begründete. Cuvier, dessen Verdienste bisher höchst einseitig überschätzt worden sind, erfasste dieselbe Idee viel äusserlicher und blieb ihrem Verständniss viel fremder, indem er sich bloss an das fertige Resultat der Anatomie hielt.

Bedürfniss untergeordnete Kategorieen (z. B. Subclassis, Subordo, Subfamilia) zwischen die am meisten gebräuchlichen Systemstufen der Classe, Ordnung, Familie, Gattung u. s. w. einschaltete. Allgemein sind alle diese verschiedenen über einander geordneten Rangstufen in der systematischen Praxis im Gebrauch, ohne dass sich aber irgend ein bestimmter Begriff mit denselben verbindet. Vielmehr muss zugegeben werden, dass meistens lediglich das relative und nur nach subjectivem Gutdünken zu bemessende Verhältniss der graduellen Form-Aehnlichkeit oder morphologischen Differenz es ist, das die Erhebung einer neuen specifischen Form zu einer besondern Gattung, Familie, Ordnung u. s. w. rechtfertigt. Je mehr zwei verschiedene Species in äusserer Form und innerer Structur übereinstimmen, je grösser die Anzahl der übereinstimmenden Charaktere ist, desto tiefer ist die Stufe der Kategorieenscala, auf welcher sie vereinigt sind; je weiter sie sich in allen inneren und äusseren Formbeziehungen von einander entfernen, je geringer die Summe ihrer gemeinsamen Charaktere ist, auf desto höherer Stufe des Systems erst werden sie zusammengestellt.

Sehr häufig ist es aber auch nicht der wirkliche Grad der morphologischen Differenz, sondern es sind ganz untergeordnete, secundäre und unbedeutende Nebenumstände, welche die Trennung zweier nächstverwandten Formen und ihre Stellung in zwei verschiedene Gattungen, Familien, Ordnungen u. s. w. bestimmen. Insbesondere übt hier der absolute Umfang der einzelnen Abtheilungen auf die Vorstellung vieler Systematiker einen entscheidenden Einfluss aus. Viele früher einfachen Gattungen sind allmählich in mehrere Genera zerspalten und zum Range von Familien erhoben worden, lediglich weil die Zahl der in denselben enthaltenen Arten beträchtlich gewachsen ist, obschon deren Differenzgrad nicht gleichzeitig sich erhöhte. Andererseits sind vielfach einzelne sehr ausgezeichnete Formen (sogenannte aberrante Formen) nicht zu dem eigentlich ihnen zukommenden Range einer besonderen Ordnung, Classe etc. erhoben worden, bloss aus dem Grunde, weil die betreffende Form nur durch eine einzige Species oder eine einzige Gattung repräsentirt ist, so z. B. *Amphioxus*, *Dentalium*, *Hydra*. Auch andere dergleichen secundäre Erwägungen sind häufig für die Bestimmung der Kategorieenstufe, die einer einzelnen Species zukömmt, ganz maassgebend gewesen, und an die Stelle einer objectiven vergleichenden Wägung der Charaktere getreten, die allein jene Stufe bestimmen sollte.

Da nun aber ein bestimmtes Gewicht für jene Wägung, ein allgemein gültiger Maassstab für die Messung der Entfernung der einzelnen Species-Charaktere, gleichwie eine anerkannte Werthbestimmung der Systems-Kategorieen selbst vollständig fehlt, so ist der subjectiven Willkühr der Systematiker überall Thor und Thür geöffnet. Die Folge

davon zeigt sich denn auch deutlich genug in der chaotischen Verwirrung, die auf allen Gebieten der Systematik herrscht. Nicht zwei Naturforscher sind in allen Fällen über die Rangstufe, auf welche eine bestimmte Form zu erheben ist, einig. Unterschiede, die den Einen bestimmen, sie zu einer Gattung zu erheben, lässt ein Anderer nur als Species-Differenzen gelten, während ein Dritter darauf eine neue Familie gründet. Eine Formengruppe, die der Erste als Ordnung betrachtet, sieht der Zweite nur als eine untergeordnete Familie an, während der Dritte sie zum Werth einer Classe erhebt. Aber auch ein und derselbe Naturforscher misst die Arten, Gattungen, Familien u. s. w. in verschiedenen Abtheilungen des Pflanzenreichs und des Thierreichs mit verschiedenem Maasse. Jeder vergleichende Blick auf eine grössere Anzahl von Familien, Gattungen und Arten aus verschiedenen Classen zeigt, dass dieselben Unterschiede, welche in der einen Classe kaum für genügend gelten, um zwei verschiedene Formgruppen als Genera zu trennen, in einer anderen Classe von demselben Naturforscher für vollkommen ausreichend gehalten werden, um zwei Formgruppen als Familien aufzustellen, während sie ihm in einer dritten Classe vielleicht gar für so wesentlich gelten, dass er darauf hin zwei Formengruppen als besondere Ordnungen unterscheidet.

Alle denkenden und unbefangenen Systematiker müssen uns eingestehen, dass der specielle Ausbau des systematischen Fachwerks ohne alle allgemein gültigen Regeln, in sehr willkührlicher Weise geschieht, dass die verschiedenen Kategorieenstufen künstliche Abtheilungen, und dass die Differenzen derselben keine absoluten, sondern nur relative sind. Der grössere Theil der Naturforscher nahm jedoch bis jetzt gewöhnlich, wenn er auch jene Willkühr zugab, den Species-Begriff davon aus. Die Species-Kategorie allein sollte eine absolut bestimmte, reale, in der Natur selbst begründete und fest umschriebene Formensumme umfassen [1].

---

[1]) Diese Auffassung des Systems und seiner verschiedenen Kategorieen, welche in der Vorstellung der meisten Zoologen und Botaniker mehr oder minder bewusst herrscht und in der Systematik angewendet wird, ist am deutlichsten von Burmeister, einem Systematiker, der sich vor vielen Andern durch Klarheit und Ueberblick auszeichnet, in seinen Zoonomischen Briefen ausgesprochen worden. Er vergleicht, wie schon Linné in dem so eben angeführten Schema that, die übliche Kategorieenbildung des Systems mit der Gruppirung einer Armee. Die Reihen, Classen, Ordnungen, Familien und Gattungen des Thier- und Pflanzenreichs sind gleich den Divisionen, Regimentern, Bataillonen, Compagnien, Zügen, Rotten, blosse Begriffe, ideale Abstractionen, die nur dadurch eine Bedeutung haben, dass ihnen schliesslich eine Vielheit von realen Körpern, den Individuen, zu Grunde liegt. In der Armee sind diese Individuen die einzelnen Soldaten; in dem organischen System sind es nach Burmeister die Arten. „Wirklich vorhanden", sagt er, „als reales Wesen ist nur die unterste und letzte Abtheilung, welche man Art, Species, genannt hat; sie allein kann gesehen, gegriffen, gesammelt, in Sammlungen aufgestellt werden; alle übrigen höheren Gruppen sind blosse Begriffe, die man

Gegenüber dieser am weitesten verbreiteten Ansicht, dass nur die Species ein reales Wesen, die übergeordneten Kategorieen des Genus, Familia etc. dagegen ideale und grösstentheils willkührliche Abstractionen seien, hat neuerdings Louis Agassiz eine ganz eigenthümliche, im höchsten Grade dualistische und scholastische Ansicht von der Bedeutung der Systems-Kategorieen aufgestellt und in einem besondern Werk mit vielem Geist und in blendender Form begründet[1]). Bei dem grossen Aufsehen, das ihre Originalität, durch die Autorität des

---

nach diesen oder jenen übereinstimmenden Merkmalen feststellt, deren reale Existenz aber geleugnet werden muss." Alle verschiedenen Gruppen des Systems „haben strenggenommen so wenig Realität, wie die Typen, welche sie einschliessen; es sind menschliche Producte, ideale Gestalten, welche die Naturforscher aus den realen Formen der Arten (Species) ableiten, und dabei mehr nach Gutdünken, als nach einer bestimmten Regel verfahren. Hierauf gründet sich das Schwankende und Veränderliche des Systems." Diese Ansicht wird von Burmeister (l. c. p. 7—14) ausführlich begründet, und es ist diese Ausführung desshalb sehr lesenswerth und merkwürdig, weil sie die Befangenheit in Betreff des Species-Begriffs deutlich zeigt, in welcher selbst ein so vorzüglicher Systematiker sich befindet, der das systematische Handwerk mit mehr Sinn und Verstand treibt, als die meisten Andern. Nachdem er die ganz subjective Willkührlichkeit, die in der Unterscheidung der verschiedenen Kategorieen herrscht, hervorgehoben, fügt er noch folgende merkwürdige Stelle hinzu: „Im Grunde existiren in Wirklichkeit nur die Arten, und das sind stets mehr oder weniger verschiedene Gestalten. Es ist also nichts leichter, als sie zu trennen; viel schwieriger ist es, sie durch gute und sichere Charaktere zu haltbaren Gruppen zu verbinden. Darum werden immer mehr Gattungen entstehen, je mehr man die Arten sicher unterscheiden lernt; ja man wird zuletzt dahin kommen, aus jeder Art eine Gattung zu machen, und das wäre am Ende das Richtigste, weil doch nur die Arten wirklich existiren, alle höheren Gruppen aber blosse Begriffe, blosse Abstractionen gewisser übereinstimmender Artmerkmale sind." (!)

Wir haben diese Stellen, in denen Wahrheit und Irrthum in der seltsamsten Weise gemischt ist, wörtlich angeführt, weil sie äusserst bezeichnend sind für die unklare und unvollständige Bestimmung der Begriffe, mit denen die Systematiker ganz unbesorgt täglich operiren, und weil der Grundirrthum, das Dogma von der realen Existenz der Species, in dem sich hier ein hervorragender Systematiker befangen findet, von der grossen Mehrzahl aller Zoologen und Botaniker noch heute getheilt wird. Nach unserem Dafürhalten muss jede einigermaassen in die Tiefe des Species-Begriffes eindringende Untersuchung alsbald zu der klaren Ueberzeugung führen, dass die Species nicht minder ein blosser Begriff, eine ideale Abstraction ist, als die höheren übergeordneten Begriffe des Genus, Familia, Ordo etc. Den Beweis hierfür haben wir bereits im zweiundzwanzigsten Capitel geführt, wo wir die Art als genealogisches Individuum zweiter Ordnung näher bestimmt haben. Wenn Burmeister bei dem sehr treffenden Vergleiche der systematischen Kategorieen mit einer Armeegruppirung schliesslich das reale Einzelwesen, welches dem Soldaten entspricht, in der Species findet, so thut er damit selbst einen grossen Rückschritt hinter Linné, welcher in dem oben angeführten Schema vollkommen richtig Miles und Individuum vergleicht.

[1]) Louis Agassiz, An Essay on classification. Contributions to the natural history of the united States. Boston. Vol. I. 1857. 4°. Als besonderer Abdruck in Octav ist derselbe Essay 1859 in London erschienen. Diese letztere Ausgabe haben wir hier citirt.

Urhebers noch mächtig gestützt, erregt hat, müssen wir diese Ansicht hier nothwendig besprechen und widerlegen [1]).

Nach Agassiz ist nicht allein die Species eine reale Existenz, sondern es sind auch die übergeordneten Kategorieen des Genus, Familia, Ordo, Classis, Typus („Branch", Embranchement) eben solche reale, in der Natur begründete und nicht künstlich von den Systematikern geschiedene Existenzen, „verkörperte Schöpfungsgedanken Gottes". Diese sechs verschiedenen Abtheilungs-Arten decken alle Kategorieen der Verwandtschaft, welche zwischen den Organismen existiren, soweit sich dieselben auf ihre Naturverhältnisse beziehen. Es sind diese weiteren und engeren Gruppen nicht, wie man gewöhnlich annimmt, quantitativ, durch den Grad der Uebereinstimmung oder Differenz der Charaktere, sondern qualitativ, durch die Art und Weise der Charakter-Aehnlichkeit und Differenz, verschieden. Jeder dieser sechs Haupt-Kategorieen des Systems kommt also ein bestimmter, realer Inhalt zu. Dieser Werth, diese Qualität derselben wird von Agassiz in der folgenden Weise zu bestimmen versucht.

I. Die Art *(Species)* ist nach Agassiz dadurch charakterisirt, „dass sie einer bestimmten Periode der Erdgeschichte angehört, und dass sie bestimmte Beziehungen hat zu den in dieser Periode waltenden physikalischen Bedingungen und zu den in dieser Periode lebenden Pflanzen und Thieren." — „Die Species sind auf ganz bestimmte Beziehungen der Individuen zu einander und zu der umgebenden Welt gegründet." — „Die Individuen als Repräsentanten der Species zeigen die engsten Beziehungen zu einander und zu den umgebenden Elementen, und ihre Existenz ist auf eine gewisse Periode beschränkt [2])." Diese mannichfaltigen, die Species als solche charakterisirenden „Beziehungen" (relations) werden dann von Agassiz in folgender Weise näher bestimmt: 1) Die Arten haben einen bestimmten natürlichen, geographischen Verbreitungsbezirk, sowie die Fähigkeit, sich in anderen Gegenden, wo sie nicht primitiv sich finden, zu acclimatisiren.

---

[1]) Bei dem grossen Gewicht, welches Agassiz selbst und seine Anhänger auf die teleologisch-theosophischen Ausführungen seines „Essay" legen, wollen wir die wichtigsten Stellen desselben hier wörtlich in Anmerkungen citiren.

[2]) „If we would not exclude from the characteristics of species any feature which is essential to it, nor force into it one which is not so, we must first acknowledge that it is one of the characters of the species, to belong to a given period in the history of our globe, and to holt definite relations to the physical conditions then prevailing, and to animals and plants then existing. — Species are based upon well determined relations of individuals to the world around them, and to their kindred, and upon the proportions and relations of their parts to one another, as well as upon their ornamentation" (Essay etc. p. 258. 260). „The individuals as representatives of species bear the closest relations to one another; the exhibit definite relations also to the surrounding elements, and their existence is limited within a definite period." (Ibid. p. 257.)

2) Die Arten haben eine bestimmte Beziehung zu örtlichen Verhältnissen, einen topographischen Verbreitungsbezirk; sie wohnen entweder auf dem Lande, oder im Wasser, in Meeren oder Flüssen, Ebenen oder Gebirgen etc. 3) Die Arten sind abhängig von gewissen Nahrungsmitteln. 4) Die Arten haben eine bestimmte Lebensdauer. 5) Die Arten leben in gewissen gesellschaftlichen Beziehungen, in Heerden oder isolirt etc. 6) Die Arten besitzen eine bestimmte Periode ihrer Reproduction. 7) Die Arten haben bestimmte Wachsthumsverhältnisse und Metamorphosen. 8) Die Arten stehen in gewissen Beziehungen zu anderen Organismen, z. B. Parasiten. 9) Die Arten sind charakterisirt durch eine bestimmte Grösse, Proportion ihrer Theile, Ornamentation und Variabilität.

Es ist nicht schwer, nachzuweisen, dass alle diese Beziehungen, welche hier Agassiz als charakteristische Eigenthümlichkeiten der Species anführt und als ihren realen Inhalt betrachtet, ganz ebenso gut und mit demselben Rechte ohne Weiteres vielen Varietäten, vielen Gattungen, vielen Familien u. s. w. vindicirt werden könnten. Auch die Varietät, auch das Genus gehört, ganz ebenso gut, wie die Species, einer bestimmten Periode der Erdgeschichte an und hat seine bestimmten Beziehungen zu den physikalischen Bedingungen derselben und zu den gleichzeitigen Pflanzen und Thieren. Auch die Varietäten, auch die Genera, auch die Familien u. s. w. haben, so gut als die Arten, ihren bestimmten geographischen Verbreitungsbezirk, ihren bestimmten Wohnort, bestimmte Nahrung, Lebensdauer, gesellige Beziehungen, bestimmte Reproductions-, Wachsthums- und Entwickelungs-Verhältnisse, bestimmte Beziehungen zu anderen Organismen etc. Auch innerhalb der Varietäten, Gattungen, Familien etc. ist ganz eben so wie innerhalb der Arten eine bestimmte Gränze und ein gewisses mittleres Maass der Grösse, der Proportion der einzelnen Körpertheile, der Ornamentation u. s. w. gegeben, oder wird vielmehr, ebenso wie bei der Species, künstlich von uns abgegränzt. Wenn wir die Species hinsichtlich dieser „Beziehungen" mit der engeren Kategorie der Varietät und mit dem weiteren Begriff des Genus vergleichen, so können wir weiter nichts sagen, als dass jene „ganz bestimmten Beziehungen zu einander und zu der umgebenden Welt" ganz ebenso für die Varietäten und Gattungen, wie für die Arten existiren, und dass also diese ganz bestimmten „engsten Beziehungen" für die Varietäten engere, für die Gattungen dagegen weitere sind, als für die Art. Die vollkommene Haltlosigkeit der von Agassiz versuchten Definition der Species geht aus dieser einfachen Betrachtung ohne Weiteres hervor.

II. Die Sippe oder Gattung *(Genus)* ist bekanntlich diejenige nächsthöhere und allgemeinere Kategorie, unter welcher wir die nächstverwandten Arten zusammenfassen. Seit Linné hat diese Kategorie

eine höhere Bedeutung, insbesondere in der systematischen Praxis, dadurch gewonnen, dass in der binären Nomenclatur der erste Name (Nomen genericum) die nahe verwandtschaftliche Beziehung der Species zu den nächstähnlichen Formen, die wir als Arten unterscheiden, ausdrückt, während der zweite Name (Nomen specificum) den specifischen Unterschied selbst bezeichnet. Wenn wir den Hirsch *Cervus elaphus*, das Reh *Cervus capreolus*, den Dammhirsch *Cervus dama*, das Rennthier *Cervus tarandus* und den Elch, *Cervus alces*, als verschiedene Species des einen Genus *Cervus* zusammenfassen, so wollen wir durch den ersten oder Genus-Namen der einzelmen Formen *(Cervus)* die sie zunächst verbindende Aehnlichkeit, durch den zweiten oder Species-Namen *(elaphus, capreolus, dama etc.)* den sie zunächst trennenden Unterschied ausdrücken. Es stehen also, wie dies allgemein bekannt ist, die verwandten Genera als Gruppen von nächstverwandten Species neben einander; als Gruppen, welche in allgemeineren Charakteren übereinstimmen, als diejenigen sind, die die einzelnen Individuen zur Species verbinden; und welche durch weitere Unterschiede getrennt sind, als diejenigen, welche Arten einer und derselben Gattung trennen. Die Verschiedenheiten zweier nächstverwandten Gattungen sind also grösser und zahlreicher, die Aehnlichkeiten geringer und spärlicher, als diejenigen, welche wir zwischen zwei Arten einer Gattung finden.

Diese einzig richtige Auffassung des Genus als einer nächst höheren Species-Gruppe wird von Agassiz gänzlich verworfen, und statt dessen behauptet, dass die Sippen oder Gattungen „die am engsten verbundenen Thiergruppen sind, welche weder in der Form noch in der Zusammensetzung ihres Baues, sondern einfach in den letzten Structur-Eigenthümlichkeiten einzelner ihrer Theile sich unterscheiden." — „Die Individuen als Repräsentanten der Gattungen haben eine bestimmte und specifische feinste Structur, identisch mit derjenigen der Repräsentanten von anderen Arten." [1]) Es bedarf keines ausführlichen Beweises, dass auch diese von Agassiz versuchte Bestimmung des Genus eine vollkommen leere Phrase ist. Welcher Art sind denn diese „letzten Structur-Eigenthümlichkeiten einiger ihrer Theile", welche allein das Genus als solches bestimmen sollen und welche jedem Genus ausschliesslich eigenthümlich sein sollen? Wir fragen jeden Systematiker, ob er nicht ganz ebenso gut diese Bestimmung auf Species, Varietäten etc. wird anwenden wollen, ob es schliesslich nicht

---

[1]) „Genera are most closely allied groups of animals, differing neither in form nor in complication of structure, but simply in the ultimate structural peculiarities of same of their parts" (Essay etc. p. 249). „The Individuals as representatives of genera have a definite and specific ultimate structure, identical with that of the representatives of other species" (Ib. p. 257).

auch „letzte Structur-Eigenthümlichkeiten einzelner Theile" sind, welche die für die Species, für die Varietät etc. charakteristische Form hervorbringen. Es ist dies ohne weiteres so klar, dass eine eingehende Widerlegung nicht nöthig ist.

III. Die Familie *(Familia)*, die nächsthöhere Kategorie des Systemes, welche die nächstverwandten Gattungen umfasst, ist diejenige Systems-Stufe, welche Agassiz die meisten Schwierigkeiten verursacht hat und über die er am wenigsten Herr geworden ist. Aus dem langen Capitel, in welchem er die Kategorie der Familie einerseits gegen die nächsthöhere Stufe der Ordnung, andererseits gegen die nächstniedere Stufe der Gattung abzugränzen versucht, kommt als endliches Schlussresultat weiter nichts heraus, als dass „Familien natürliche Gruppen sind, welche durch ihre Form charakterisirt sind, soweit dieselbe durch Structur-Eigenthümlichkeiten bedingt ist." Die allgemeine Form allein, bedingt durch die Structur, nicht der blosse Umriss, ist das Kennzeichen der Familie. „Die Individuen, als Repräsentanten der Familie, haben eine bestimmte Figur, welche entweder zusammen mit ähnlichen Formen von andern Gattungen, oder für sich allein (wenn die Familie nur ein Genus enthält) einen gewissen specifischen Zug zeigt." Eine richtige Definition und Abgrenzung der Familien ist nicht möglich ohne vollständige Erkenntniss aller Züge der inneren Structur, welche zusammen die Form bestimmen [1]).

Dieser Definitions-Versuch der Familien-Kategorie ist wohl der unglücklichste von allen, welche Agassiz gemacht hat; denn lässt sich nicht ganz dasselbe, mit ganz demselben Rechte, von der Kategorie der Ordnung, der Gattung u. s. w. behaupten? Ist es nicht überall die Form, bedingt durch die Structur, welche den Charakter jeder Gruppe bedingt? Offenbar schwebte Agassiz hierbei die allgemeine Physiognomie, der allgemeine Habitus vor, welcher gewöhnlich (aber durchaus nicht immer!) alle Glieder einer von uns als Familie zusammengefassten Gruppe verbindet. Aber findet sich nicht auch eine gleiche allgemeine Uebereinstimmung in der „Form, bedingt durch die Structur", nur in engerem Maasse, in höherem Grade, bei den verschiedenen Gattungen einer Familie wieder? Und können wir nicht gleicherweise alle Familien, die zu einer Ordnung

[1]) „Families are natural groups, charakterized by their form as determined by structural peculiarities." Essay etc. p. 245. — „Form is the essential characteristic of families. I do not mean the mere outline, but form as determined by structure; that is to say, that families cannot be well defined, nor circumscribed within their natural limits, without a thorough investigation of all those features of the internal structure which combine to determine the form." Ib. p. 244. — „The individuals as representatives of families, have a definite figure, exhibiting, with similar formes of other genera, or for themselves, if the family contains but one genus, a distinct, specific pattern." (Ib. p. 257.)

gehören, an einer solchen allgemeinen physiognomischen Aehnlichkeit, einer habituellen Uebereinstimmung, nur in weiterem Maasse, in niederem Grade erkennen?

Diese ganz unfassbare Definition der Familie, als einer natürlichen Formgruppe, ist denn auch so gänzlich unhaltbar, dass selbst Rudolph Wagner sie weder verstehen noch billigen kann, obgleich er derjenige deutsche Naturforscher ist, welcher der eigenthümlichen theosophisch-naturwissenschaftlichen Richtung von Agassiz am nächsten von Allen steht. In der Kritik, welche Rudolph Wagner von Agassiz's „Essay on classification" gibt, und in welcher er sonst fast in keinem Punkte dem letzteren seine aufrichtige Zustimmung und seine vollkommene Bewunderung versagt, kann er doch nicht umhin, bei der „Familie" zu bemerken: „Wir müssen bekennen, dass es uns unmöglich gewesen ist, hier den Verfasser ganz zu verstehen, wodurch sich eben die Formverhältnisse als Familien-Charaktere charakterisiren."

IV. Die Ordnung *(Ordo)*, diejenige Kategorie des Systems, welche zunächst als umfassenderer, allgemeinerer Begriff über der Familie steht, und von dieser oft so schwer geschieden werden kann, wird von Agassiz definirt als diejenige Abtheilung, welche „durch die natürlichen Grade der Complication ihrer Structur innerhalb der Grenzen der Classe bestimmt wird". Lediglich die Complication oder Gradation der Structur als solche charakterisirt der Ordnungsbegriff. „Die Individuen aber, als Repräsentanten der Ordnung, stehen auf einer bestimmten Rangstufe, wenn man sie mit den Repräsentanten von andern Familien vergleicht." Die Ordnungen sind natürliche Gruppen, welche den Rang, die relative Stufenhöhe, die höhere oder niedere Stellung der Thiere in ihrer Classe ausdrücken [1]).

Wenn auch nicht so unglücklich und so ganz unhaltbar, als die Definition der Familie, entspricht diese Definition der Ordnung dennoch ebenso wenig den natürlichen Verhältnissen. Liesse sich nicht ganz dasselbe eben so gut in den meisten Fällen von der Classe als der nächst höheren, und von der Familie als der nächstniederen Kategorie behaupten? Wenn die Definition von Agassiz richtig wäre, so müssten sich alle Ordnungen einer jeden Classe nach dem höheren oder geringeren Complicationsgrade ihrer Structur in eine einzige fort-

---

[1]) „Orders alone are strictly defined by the natural degrees of structural complications exhibited within the limits of the classes." (Essay etc. p. 234.) „The complication or gradation of structure is the feature which should regulate their limitation, if under order we are to understand natural groups expressing the rank, the relative standing, the superiority or inferiority of animals, in their respective classes." (Ib. p. [illegible]) „The individuals as representatives of orders stand in a definite rank when compared to the representatives of other families" (Ib. p. 257).

laufende Stufenreihe bringen lassen. Dasselbe müsste aber in allen Fällen bei den verschiedenen Classen eines Typus, und ebenso bei den verschiedenen Familien einer Ordnung unmöglich sein. Jeder Systematiker wird sich sofort sagen, dass diese Behauptung fast nirgends zutrifft. Jeder muss zugeben, dass die Ordnungen ganz ebenso wie die Classen und wie die Familien, theils coordinirte und theils subordinirte Gruppen darstellen, und dass es ganz unmöglich sein würde, in irgend einer Classe die verschiedenen Ordnungen lediglich gemäss dem höheren oder niederen Grade ihrer Structur-Complication, und ohne alle Rücksicht auf die Form (die lediglich die Familie charakterisiren soll) in eine einzige Stufenreihe zu ordnen.

V. Die Classe *(Classis)*, diejenige umfassendere Kategorie, der sich die Ordnungen zunächst unterordnen, ist nach Agassiz weder durch die Form noch durch den Complications-Grad der Structur bestimmt, sondern „durch die Combination der verschiedenen Organsysteme, welche den Körper ihrer Repräsentanten zusammensetzen. Die Classen unterscheiden sich durch die Art und Weise, in welcher der Plan ihres Typus (der entsprechenden grossen Hauptabtheilung des Thierreiches) durchgeführt ist, durch die Mittel und Wege, auf welchen dies geschieht, oder, mit anderen Worten, durch die Combination ihrer Structur-Elemente.“ Dagegen sind nach der Ansicht von Agassiz die Classen nicht, wie sie häufig angesehen werden, blosse Modificationen des grossen umfassenden Planes des Typus, welchem sie angehören, vielmehr Ausdrücke einer bestimmten, charakteristischen Idee des Schöpfers. „Die Individuen als Repräsentanten der Classen zeigen den Structurplan ihrer bezüglichen Typen in einer speciellen Art und Weise ausgeführt, mit speciellen Mitteln und auf speciellen Wegen [1]).“

Auch dieser Versuch einer Begriffsbestimmung der Classe leidet an denselben Mängeln, wie die vorhergehenden der Ordnung, Familie u. s. w. Abgesehen von der ganz unbestimmten und unfassbaren Allgemeinheit der darin ausgedrückten Idee, welche die verschiedenartigsten Deutungen zulässt, und abgesehen von dem gänzlich unwissenschaftlichen Anthropomorphismus, der auch hier in der Vorstellung eines bestimmten speciellen Schöpfungsgedankens liegt, dessen Ausdruck nur die Classen-Kategorie sein soll, liesse sich dieselbe Definition, wenn wir sie

[1]) „Classes are to be distinguished by the manner in which the plan of their type is executed, by the ways and means by which this is done, or, in other words, by the combinations of their structural elements; that is to say, by the combinations of the different systems of organs building up the body of their representatives.“ (Essay etc. p. 224.) „The individuals as representatives of classes exhibit the plan of the structure of their respective types in a special manner, carried out with special means and in special ways“ (Ib. p. 257).

präcisiren, ebenso gut als auf die meisten Classen, auch auf die meisten untergeordneten Kategorieen, Ordnungen, Familien etc. anwenden. Wenn wir den Gedanken, welchen Agassiz unklar und mystisch verhüllt in diese dunkle Definition hineinträgt, klar und scharf zu fassen versuchen, so läuft er darauf hinaus, dass die Classen nicht quantitativ, gleich den Ordnungen, sondern qualitativ, gleich den Familien, von einander verschieden sind. Die Classen im Sinne von Agassiz sind einfache Stufenleitern von subordinirten Ordnungen, die sich stufenweis über einander erheben, wogegen das Verhältniss der stets nur coordinirten Classen zu einander (ebenso wie das der coordinirten Familien einer jeden Ordnung) nicht durch das Bild einer Stufenleiter, sondern einer Radiation sich ausdrücken lässt. „It may be represented by one single diagram, and may be expressed in one single word, Radiation." (l. c. p. 224.) Es könnten also niemals Classen eines Typus sich über einander ordnen lassen, da sie niemals durch den Grad ihrer Structur-Complication verschieden sind. Lässt sich diese Behauptung auf alle Classen anwenden, welche gewöhnlich als solche aufgefasst, und auch von Agassiz als solche anerkannt werden? Ist stets das Verhältniss der Classen zu einander ein coordinirtes, und stets dasjenige der Ordnungen zu einander (innerhalb einer Classe) ein subordinirtes? Wir glauben, dass jeder einigermaassen unbefangene Systematiker diese Frage verneinen wird. Es genügt in der That eine nur mässig tief gehende Vergleichung vieler Classen mit vielen Ordnungen und mit vielen Familien, die Agassiz selbst als solche anerkennt, um zu beweisen, dass dasjenige, was Agassiz den Classen allein vindicirt, sich ebenso gut von vielen Ordnungen und vielen Familien, die er selbst als solche Kategorieen betrachtet, aussagen liesse.

VI. Der Typus oder Stamm (Branch, Zweig, Embranchement, Unterreich, Subkingdom), die letzte und höchste der sechs „realen" Kategorieen, welche Agassiz im Systeme unterscheidet, ist zugleich die einzige, die wir als solche anerkennen können. Wie schon oben erwähnt, war es das grosse Verdienst Bär's und Cuvier's, erkannt zu haben, dass die noch im Anfang unsers Jahrhunderts herrschende Ansicht von einer einzigen Stufenleiter in den Organisations-Abstufungen des Thierreichs falsch sei, dass vielmehr mehrere solche wesentlich verschiedene Stufenleitern unabhängig neben einander existirten, in deren jeder eine Abstufungsreihe von den vollkommensten zu unvollkommneren Organisationen nachweisbar sei.

Sowohl Cuvier als Bär unterschieden im Thierreiche vier solcher Hauptabtheilungen, die sie Typen nannten. Jedem dieser Typen sollte ein besonderer eigenthümlicher Bauplan (Cuvier) und ein eigener Entwickelungsplan (Bär) zu Grunde liegen. Die Auffassung, welche Cuvier von dem Wesen dieser Typen oder Kreise und von ihrer

fundamental verschiedenen Structur hatte, wird nun auch von Agassiz im Wesentlichen adoptirt und einem von Grund aus verschiedenen Bauplan der grossen Hauptabtheilungen zugeschrieben. „Es kann gewiss kein Grund vorhanden sein, warum wir nicht alle übereinstimmen sollten, als Typen oder „Branches" alle die grossen Abtheilungen des Thierreichs zu bezeichnen, die auf einen speciellen Plan gegründet sind, wenn wir praktisch finden, dass wirklich solche Gruppen in der Natur existiren." Jene vier grossen Typen mit aller ihrer unendlichen Formenmannichfaltigkeit sind nichts Anderes, als die ursprünglichen vier Baupläne, die der Schöpfer zuerst entwarf, und nach denen er dann die Organismen ausführte. „Die Individuen als Repräsentanten des Typus sind alle nach einem bestimmten Plan gebaut, der sich von dem Plan aller anderen Typen unterscheidet[1])."

Unsere eigene Auffassung von dem Werthe der grossen Hauptabtheilungen des Thierreichs, welche Bär und Cuvier Typen, Agassiz Branches nennt, haben wir bereits oben dahin ausgesprochen, dass wir diese Hauptabtheilungen als selbstständige Stämme (Phyla) betrachten, deren jeder sich unabhängig vom anderen aus einer eigenen, einfachsten Wurzel entwickelt hat, so dass wir also alle zu einem Stamm gehörigen Formen, alle Classen, Ordnungen, Familien, Gattungen und Arten eines und desselben Typus als Blutsverwandte, als Abkömmlinge eines und desselben autogonen Ur-Organismus ansehen. Wir haben diese Stämme oben als genealogische Individuen dritter Ordnung bezeichnet, und werden uns über die Abgrenzung derselben und ihre etwaige Verwandtschaft in dem nächsten Capitel noch näher aussprechen.

Für unseren gegenwärtigen Zweck, das Verhältniss der verschiedenen Kategorieen des Systems auseinanderzusetzen und deren Werth zu bestimmen, genügt die wiederholte bestimmte Erklärung, dass wir in diesen Stämmen allerdings reale Einheiten sehen, und dass wir sie also als die einzigen, wirklich natürlichen, vollkommen selbstständigen Formengruppen betrachten, während wir alle anderen Kategorieen des Systems als durchaus künstliche Abtheilungen, als subjective Gruppenbildungen betrachten, die uns lediglich den Ueberblick über den Stammbaum eines jeden Typus erleichtern und uns den näheren oder entfernteren Grad der Blutsverwandtschaft zwischen den einzelnen Gliedern des Stammes anzeigen sollen.

---

[1]) „Now there can certainly be no reason, why we should not all agree to designate as types or branches all such great divisions of the animal kingdom as are constituded upon a special plan, if we should find practically that such groups may be traced in nature." (Essay etc. p. 215.) „The individuals as representatives of branches are all organized upon a distinct plan, differing from the plan of other types" (Ib. p. 257).

Der wesentliche Unterschied, der unsere Au
Stammes von derjenigen, die nach Cuvier
neueren Naturforscher gleich Agassiz angen
liegt darin, dass wir die Ursache des Typus, welc
charakterisirt, der Uebereinstimmung in den v
gen des inneren Baues, welche alle zu einem S
der zeigen, nicht finden können in einer planm
geblichen „Bauplane", den die Natur oder d
bei der mannichfaltigen Ausführung der versc
Thema zu Grunde gelegt hat, sondern vielmel
natürlichen Verhältnisse der gemeinsamen
einer Wurzel, in dem materiellen Bande der
verwandtschaft. Jeder Typus mit seinem „
uns ein einzelner selbstständiger Stamm (Phylu
Stammbaum hat.

Was nun im Ganzen, wenn wir alles Vo
erwägen, den von Agassiz mit so viel Aufwan
sinn, von Worten und Wendungen gemachten V
tegorieen des Systems in der oben dargelegte
Schöpfungsgedanken verschiedener Ordnung" vo
Umfang zu bestimmen, so können wir nicht a
jeder Beziehung für vollkommen verfe
aus falsch zu erklären. Es wird dies für je
mit den realen Verhältnissen der systematische
ten Naturforscher entweder schon aus der vor
einzelnen Theile des Versuchs sich ergeben hab
germaassen eingehender vergleichender Prü
ben [1]).

[1]) Wir würden nicht so viel Zeit und Raum auf die E
dieses gänzlich verunglückten Versuchs von Agassiz verw
selbe den Anspruch machte, als der eigentliche Kern und
Buches aufzutreten, welches die gesammte Biologie und vor
phologie in dogmatischem und theosophischem Sinn
künstliche Gebäude fällt wie ein Kartenhaus vor dem sch
prüfenden und vergleichenden Kritik zusammen. Es tritt ab
wahren Fundamente der Morphologie zu begründen, in so
solchen Apparat von Gelehrsamkeit ausgerüstet, durch einen
gen, und in solcher ausführlichen, oft blendenden und schei
tion hervor, dass wir nothwendig an diesem Orte darauf ei
sten Blössen desselben aufzudecken gezwungen waren.

Vielleicht wird dieser oder jener Naturforscher beim Nac
Kategorieen von Agassiz zunächst an einige von den wenigen
reichs (wie z. B. an die Säugethiere) denken, deren Ordnung
Arten sich grösstentheils (aber auch immer nur theilweis!) s
absetzen, und sogenannte „gute" d. h. scharf umschriebene G

Wie wenig aber Agassiz selbst von der vollen Richtigkeit seiner künstlichen und scholastischen Systems-Auffassung, und von der absoluten Differenz seiner sechs realen Kategorieen überzeugt ist (trotzdem er sie für das reife Resultat jahrelangen Nachdenkens ausgiebt!) geht am deutlichsten aus den merkwürdigen nachträglichen Concessionen hervor, welche derselbe auf die ausführliche Besprechung der sechs „realen“ Classifications-Gruppen folgen lässt, und die wir desshalb unten in der Anmerkung wörtlich wiedergeben [1]). Nachdem er in sechs langen Abschnitten, welche den eigentlichen Kern des „Essay“ bilden sollen und fast das ganze zweite Capitel desselben einnehmen, die Begründung seiner sechs Kategorieen, und ihre wirkliche Existenz in der Natur ganz ausführlich nachzuweisen versucht hat, kömmt ein siebentes Capitel, in welchem zwar zu Anfang ganz bündig wiederholt wird,

---

gänge und Zwischenformen entweder ausgestorben oder aus andern Gründen uns nicht bekannt sind. Wenn Jemand in diesen (übrigens im Ganzen nur sehr seltenen) Beispielen von sogenannten „guten“ oder „natürlichen“ Gruppen einen Beleg sollte finden wollen für irgend eine thatsächliche Grundlage, auf der Agassiz sein künstliches Luftschloss von der realen Existenz der sechs Systems-Kategorieen aufgerichtet habe, den ersuchen wir, seinen Blick auf die ganz überwiegende Zahl derjenigen Abtheilungen des Thier- und Pflanzen-Reichs zu richten, in denen eine solche scharfe und schematische Abgrenzung der Classen, Ordnungen, Familien, Gattungen und Arten nicht möglich ist, wo vielmehr die „schlechten“ und „unnatürlichen“ Gruppen, d. h. diejenigen, deren verbindende Uebergangsformen uns bekannt sind, dem künstelnden Systematiker endlose Schwierigkeiten bereiten; oder wir ersuchen ihn, seinen Blick auf die verschiedenen Gebiete der niederen Thierwelt, in die Stämme der Articulaten, Echinodermen, Coelenteraten, Rhizopoden etc. zu werfen. Wo finden wir in diesen Abtheilungen, z. B. in den verschiedenen Classen und Ordnungen der Würmer, in den verschiedenen Classen und Ordnungen, Familien und Gattungen der Hydromedusen, Anthozoen etc. irgend thatsächliche Belege dafür, dass sich die Classen nur durch die Ausführungsweise ihres gemeinsamen Bauplans unterscheiden, die Ordnungen nur durch den Complicationsgrad des Baues, die Familien nur durch die Form, soweit sie durch die Structur bestimmt wird, und die Gattungen nur durch das Detail der Ausführung in einzelnen Theilen? Oder wo finden wir die Species, welche bloss desshalb als Species gelten, weil alle Individuen derselben einer bestimmten Periode angehören und in ganz bestimmten Verhältnissen zu einander und zur umgebenden Welt stehen? In der That, wir möchten glauben, dass Agassiz, als er diese eben so willkührlichen als unbegründeten Behauptungen niederschrieb, nicht an seine eigenen berühmten systematischen Arbeiten gedacht habe, nicht an das System der fossilen Fische, und vor Allen nicht an sein prachtvolles Werk über die Discophoren und die Hydroiden, welche grade in dieser Beziehung so lehrreich sind.

[1]) „Upon the closest scrutiny of the subject I find that these six divisions cover all the categories of relationship (!) which exist among animals, as far as their structure is concerned. 1. Branches or types are characterized by the plan of their structure, 2. Classes, by the manner, in which that plan is executed, as far as ways and means are concerned, 3. Orders, by the degrees of complication of that structure, 4. Families by their form, as far as determined by structure, 5. Genera, by the details of the execution in special parts; and 6. Species, by the relations of individuals to one another and to the world, in which they live, as well as by the proportions of their parts, their ornamentation etc. And yet there are other natural

dass diese sechs Gruppen alle Kategorieen der Verwandtschaft decken, dann aber kurz und trocken erklärt wird, dass es nun auch noch andere natürliche Abtheilungen im Thierreiche gebe, die nur nicht so gleichmässig in allen Classen sich wiederholten, vielmehr nur Beschränkungen jener ersten sechs seien. Dann wird plötzlich zugegeben, dass alle die sechs realen Kategorieen ihre Abstufungen haben, welche als Unterklassen, Unterordnungen, Unterfamilien, Untergattungen etc. unterschieden werden können. Jedoch sollen diese Unterabtheilungen nur durch willkührliche Abschätzung abgegrenzt werden können! Man sieht, nur noch ein Schritt, und Agassiz kommt am Ende aller seiner vergeblichen Mühe zu der Ansicht von Lamarck und Darwin, dass alle diese Abtheilungen vollkommen willkührlich und künstlich sind!

Aber auch noch eine andere und zwar eine höchst bedeutende und dankenswerthe Concession müssen wir hervorheben, welche Agassiz der Descendenz-Theorie macht. Das ist nämlich seine eigenthümliche Behandlung des Species-Begriffs, in welcher er weit von allen anderen Species-Dogmatikern abweicht, und durch welche er zu seinem Gesinnungsgenossen Rudolph Wagner und den anderen Species-Conservativen in den entschiedensten Gegensatz tritt. Agassiz lässt nämlich erstens, wie wir bereits oben bemerkt haben, die gebräuchlichen physiologischen Kriterien der Species, ihre Abstammung von einem Paare, sowie ihre Unfähigkeit, mit anderen Arten fruchtbare Bastarde zu erzeugen, gänzlich fallen. Er giebt zu, dass ganz verschiedene Species unter Umständen fruchtbare Bastarde zu erzeugen vermögen, und behauptet ferner, dass jede Art nicht in einem einzigen Individuum oder Paare, sondern in zahlreichen Individuen und wohl auch an verschiedenen Orten der Erde geschaffen worden sei. Zweitens aber, und dies ist uns besonders wichtig, hält Agassiz, im schroffen Gegensatz zu den herrschenden Vorstellungen, die Species für einen ebenso abstracten Begriff, als es die übrigen Kategorieen, Gattung, Familie etc. sind. Alle diese sechs Gruppen-Begriffe sind nach ihm gleichermaassen „ideal und real“. Mit dieser Behauptung stellt sich Agassiz entschieden der gewöhnlichen Form des Species-Dogmas entgegen, welche die Species für eine reale Wesenheit, die

divisions (!) which must be acknowledged in a natural zoological system; but these are not to be traced so uniformly in all classes as the former (!) — they are in reality only limitations of the other kinds of divisions (!). — I must confess at the same time, that I have not yet been able to discover the principle which obtains in the limitation of their respective subdivisions (!). All I can say is, that all the different categories considered above, upon which branches, classes, orders, families, genera, and species are founded, have their degrees (!) and upon these degrees subclasses, suborders, subfamilies and subgenera have been established. For the present, these subdivisions must be left to arbitrary estimations“ (!) (Essay etc. p. 263).

andern Kategorieen für willkührliche Begriffe erklärt. Wenn demnach der Begriff der Species nicht mehr reale Grundlage hat, als derjenige der Gattung, Familie etc., so dürfen wir ihn gleich den letzteren für eine willkührliche Abstraction von bloss relativer Geltung erklären.

II. Bedeutung der Kategorieen für die Classification.

Dass alle Gruppenbildungen unserer zoologischen und botanischen Systeme von der Species an bis zur Classe hinauf, vollkommen künstliche und willkührliche sind, hat bereits Lamarck, der geistvolle Begründer der Descendenz-Theorie, auf das Bestimmteste ausgesprochen. An der Spitze seiner klassischen „Philosophie zoologique“, im ersten Capitel des ersten Bandes, handelt er von den künstlichen Betrachtungsweisen der Naturkörper („des parties de l'art dans les productions de la nature“) und weist nach, dass alle unsere systematischen Abtheilungen, die Classen, die Ordnungen, die Familien und die Gattungen, ebenso wie die Nomenclatur, willkührlich geschaffene Kunstproducte sind; dass die Abtheilungen, welche wir in unsern stets künstlichen Systemen scharf trennen und umgrenzen, in der Natur überall durch continuirliche Verbindungsstufen unmittelbar zusammenhängen, und dass der relative Werth der einzelnen Gruppen sich durchaus nicht in absoluter Weise bestimmen lässt. Wenn man alle Arten eines organischen Reiches vollständig kennte, so würden alle durch dieselben gebildeten Gruppen verschiedenen Grades (die Gattungen, Ordnungen, Classen etc.) lediglich kleinere und grössere über einander geordnete Familien von verschiedenem Umfang darstellen, deren Grenzen nur willkührlich zu ziehen wären [1]).

Nach Lamarck haben auch noch manche andere Naturforscher, darunter die kenntnissreichsten und erfahrensten Systematiker, ihre Ueberzeugung von der künstlichen Abgrenzung der Systems-Gruppen und dem subjectiven Werthe dieser Kategorieen (die Species ausgenommen!) ausgesprochen. Niemand hat jedoch dieselben richtiger er-

[1]) „Si toutes les races (ce qu'on nomme les espèces), qui appartiennent à un règne des corps vivants, étaient parfaitement connues, et si les vrais rapports, qui se trouvent entre chacune de ces races, ainsi qu'entre les différentes masses qu'elles forment, l'étaient pareillement, de manière que partout le rapprochement de ces races et le placement de leurs divers groupes fussent conformes aux rapports naturels de ces objects, alors les classes, les ordres, les sections et les genres séraient des familles de différents grandeurs; car toutes ces coupes séraient des portions grandes ou pétites de l'ordre naturel. Dans ce cas, rien sans doute, ne sérait plus difficile que d'assigner des limites entre ces différentes coupes; l'arbitraire les férait varier sans cesse, et l'on ne serait d'accord que sur celles que des vides dans la série nous montréraient clairement.“ Lamarck, philosophie zoologique, tome I, p. 30. 1809.

kannt und erläutert, als Darwin, welcher zuerst klar die Bedeutung des natürlichen Systems als Stammbaums und der Gruppen desselben als Aeste und Zweige dieses genealogischen Baumes dargethan hat. Er wies auch besonders auf die sehr wichtige radiale Divergenz der Verwandtschaftslinien hin, welche jene Kategorieen verschiedener Ordnung verbinden. Die trefflichsten Bemerkungen hierüber enthält in Darwin's Werke das vierte Capitel, welches von der Divergenz des Charakters handelt, und das dreizehnte, welches die Gruppenbildungen bei der Classification erläutert, und das Verhältniss der Coordination und Subordination der verschiedenen Kategorieen aus der gemeinsamen Abstammung aller Gruppen und aus ihrem verschiedenen Abgange und Abstande vom Hauptstamme erklärt.

Da unsere eigene Ansicht von der systematischen Classification der Organismen und von dem Werthe der verschiedenen Kategorieen des natürlichen Systems sich auf das Engste an die genealogische, von Lamarck und Darwin bereits begründete Auffassung anschliesst, so beschränken wir uns hier darauf, einige von denjenigen Punkten der Classifications-Frage hervorzuheben, von denen wir glauben, dass wir zu ihrer schärferen Fassung und tieferen Klärung Einiges beitragen können. Wir gehen dabei wiederum aus von dem vorher erörterten Begriffe der Species, welche ja immer der Angelpunkt bleiben wird, um den sich alle verschiedenen morphologischen Ansichten der Systematiker in letzter Instanz drehen.

Wir glauben im vorhergehenden Abschnitt zur Genüge dargethan zu haben, dass wir die Species als eine geschlossene Summe von Individuen, als ein genealogisches Individuum zweiter Ordnung nur dann betrachten können, wenn wir von ihrer Variabilität ganz absehen und sie als in der Zeit unveränderlich hinstellen. Es ist in diesem Falle die Species „die Gesammtheit aller Zeugungskreise, welche unter gleichen Existenzbedingungen gleiche Formen zeigen und sich höchstens durch den Polymorphismus adelphischer Bionten unterscheiden". Diese Bestimmung der Species verliert aber ihren Werth, sobald wir die Variabilität, welche allen Species eigen ist, mit in den Kreis unserer Betrachtung ziehen. Aus dieser ergiebt sich vielmehr, wenn wir zugleich den thatsächlichen Kampf ums Dasein in Erwägung ziehen, den alle Arten zu bestehen haben, dass der Varietätenbüschel jeder Species sich beständig erweitern und die einzelnen abweichenden Formen durch Divergenz des Charakters immer weiter auseinander gehen müssen. Viele von diesen Varietäten gehen früher oder später als solche unter. Andere gelangen in Verhältnisse, unter denen sie ihre Charaktere lange Zeit hindurch (oft viele hundert Jahrtausende!) verhältnissmässig constant erhalten können. Diese werden dann als Arten bezeichnet. Die Varietäten sind also beginnende Arten.

Ebenso willkührlich, ebenso künstlich und ebenso ungleichartig als die Umgrenzung der Species aus diesem Grunde sein muss, ist die Bildung der Genera, Familien, Ordnungen, Classen, und wie man alle die verschiedenen Gruppen nennen will, die innerhalb eines einzigen Typus unterschieden werden. Alle diese verschiedenen Kategorieen des Systems haben durchaus nur einen relativen und subjectiven Werth; sie können ebenso wenig als die Species absolut umschrieben werden und lassen eben so wenig eine entsprechende Definition zu. Alle Versuche, diesen Kategorieen einen bestimmten Werth und Inhalt beizulegen, sind als vollkommen verfehlte zu betrachten, weil sie scharfe Grenzen da ziehen, wo in der Natur keine vorhanden sind. Wir glauben dies zur Genüge durch die vorhergehende Kritik des „*Essay on classification*" von Agassiz gezeigt zu haben, des bei weitem ausführlichsten und gründlichsten Versuches, der jemals von Systematikern zur Lösung dieser Frage angestellt worden ist.

Die grosse Mehrzahl der heutigen Systematiker wird wohl keinen Anstand nehmen, diese subjective Bedeutung der verschiedenen Systemsgruppen zuzugestehen, da ja selbst viele von denjenigen, welche die Species als einen realen Begriff, als unveränderlich, constant und absolut festhalten, nicht dasselbe von der Gattung, Familie u. s. w. behaupten, vielmehr die bloss relative Geltung dieser Begriffe zugestehen. Der weit verbreiteten Auffassung dieser letzteren gegenüber, dass demnach der Species-Begriff ein concreter und absoluter, und dadurch wesentlich von den abstracten und relativen Begriffen des Genus, der Familie u. s. w. verschieden sei, müssen wir jedoch hier nochmals auf die richtige Ansicht von Agassiz hinweisen, dass die Species, sobald man ihre Variabilität in Betracht zieht, sich in dieser Beziehung (hinsichtlich ihrer Realität) nicht von den übrigen höheren Kategorieen unterscheidet. Während aber Agassiz allen diesen Kategorieen des Systems einen gleichen Grad von Realität zuerkennt, müssen wir ihnen allen denselben gleichermaassen absprechen.

Als die einzige reale Kategorie des zoologischen und botanischen Systems können wir nur die grossen Hauptabtheilungen des Thier- und Pflanzen-Reichs anerkennen, welche wir Stämme oder Phylen genannt und als genealogische Individuen dritter Ordnung erörtert haben. Jeder dieser Stämme ist nach unserer Ansicht in der That eine reale Einheit von vielen zusammengehörigen Formen, da es das materielle Band der Blutsverwandtschaft ist, welches sämmtliche Glieder eines jeden Stammes vereint umschlingt. Alle verschiedenen Arten, Gattungen, Familien, Ordnungen und Classen, welche zu einem solchen Stamme gehören, sind continuirlich zusammenhängende Glieder dieser grossen umfassenden Einheit und haben sich aus einer einzigen gemeinsamen Urform allmählich entwickelt. Die verschiedenen

Urformen selbst aber, welche die Wurzel der einzelnen Stämme bilden sind gänzlich unabhängig von einander durch Generatio spontanea entstanden, wie wir bereits im sechsten und siebenten Capitel erläutert haben (Bd. I, S. 167, 198 ff.) [1].

---

[1]) Da wir den Stamm oder das Phylon für die einzige reale und für die einzige genau durch ihren Inhalt und Umfang zu definirende Kategorie des Systems halten, so können wir in den übrigen, so eben ausführlich besprochenen Kategorieen nichts Anderes als künstliche und nach subjectivem Gutdünken abgegränzte Abtheilungen erkennen, welche in Wirklichkeit niemals scharf geschieden sind. Alle diese Kategorieen von der Varietät und Species bis zu der Ordnung und Classe hinauf, können lediglich den engeren und weiteren Grad der Blutsverwandtschaft bezeichnen, den näheren oder weiteren Abstand, welcher eine jede Form von ihren Verwandten und von der gemeinsamen Stammform trennt. Der Werth der einzelnen Kategorieen ist also stets nur ein relativer, und hiermit stimmt die Thatsache überein, dass es unmöglich ist, die Kategorie der Classe, Ordnung, Familie etc. als solche zu bestimmen und durch einen bestimmten Inhalt und Umfang zu charakterisiren.

Alle möglichen Kategorieen des Systems, mit einziger Ausnahme des Stammes oder Typus, also alle Classen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Arten und Varietäten, sowie alle untergeordneten Gruppen, welche man unter und zwischen diesen Hauptgruppen verschiedener Ordnung noch gebildet hat (die Unterclassen, Reihen, Unterordnungen, Sectionen, Unterfamilien, Tribus, Untergattungen, Rotten, Subspecies etc.) alle diese Kategorieen verschiedenen Ranges sind ebenso willkührliche und subjective Abstractionen, als die Species selbst, deren Bedeutung wir bereits auf ihren wahren Werth zurückgeführt haben. Daher stellt sich denn auch der Werth jeder dieser Kategorieen in den verschiedenen Abtheilungen des Systems und bei den verschiedenen Stämmen als ein höchst verschiedenartiger heraus. Unterschiede, die in dem einen Stamme für ausreichend gelten, darauf zwei verschiedene Klassen zu begründen, werden in einem andern kaum für wichtig genug angesehen, um die betreffenden Formengruppen als Ordnungen, oder selbst als Familien zu unterscheiden; und dieselbe Formengruppe, die der eine Systematiker als eine Gattung mit mehreren Subgenera, vielen Arten und sehr vielen Varietäten betrachtet, sieht der zweite als eine Familie mit mehreren Gattungen, vielen Untergattungen und sehr vielen Arten, der dritte als eine Ordnung mit mehreren Familien, vielen Subfamilien und vielen Gattungen, aber verhältnissmässig nur wenigen Arten an. Dieselben Formengruppen, welche Linné als Genera aufstellte, sind jetzt meistens zum Range von Familien, viele selbst von Ordnungen erhoben worden, und sehr viele von Linné's Species sind jetzt Untergattungen, Gattungen oder selbst Familien. Dass in der systematischen Praxis bei der Bestimmung des Ranges der einzelnen Formengruppen, bei der Umschreibung und Begränzung der verschiedenen Kategorieen des Systems, bei der Ausdehnung und Beschränkung derselben, allenthalben die grösste Willkühr herrscht, und dass nicht zwei Naturforscher in allen Fällen über den Rang, den sie einer Formengruppe zu ertheilen haben, einig sind, ist eine so allbekannte und jedem Systematiker täglich aufstossende Thatsache, dass dieselbe hier keines Beweises bedarf. Diese Thatsache ist aber nicht, wie Agassiz meint, in der Ungenauigkeit und Willkührlichkeit der bestimmenden Systematiker begründet, sondern in der Unbestimmtheit und wirklichen Unbestimmbarkeit der Kategorieen, welche dem subjectiven Gutdünken des Einzelnen vollen Spielraum lassen.

Unter diesen Umständen kann Nichts verkehrter und sinnloser erscheinen, als die endlosen Streitigkeiten der Systematiker über die Rangstufe, welche jeder Formengruppe anzuweisen sei. Weit mehr Arbeitskraft und Mühe, Scharfsinn und Geduld, Papier und Zeit, als jemals für wissenschaftliche zoologische und botanische Untersuchungen aufge-

III. Gute und schlechte Gruppen des Systems.

„Gute und schlechte Gruppen, gute und schlechte Gattungen, Familien, Ordnungen, Classen u. s. w." werden in der systematischen Praxis ebenso allgemein, wie „gute und schlechte Arten" unterschieden: und wie bei den letzteren, so haben auch hier die meisten Systematiker keine richtige Vorstellung von dem eigentlichen Werth dieser Unterscheidung. Der Grund derselben ist dort wie hier derselbe, und was wir oben von den „guten und schlechten Arten" bemerkten, gilt ebenso von den übrigen Kategorieen des Systems.

„Gute Gruppen", gute oder natürliche Genera, Familien, Ordnungen, Classen sind solche, die sich scharf und bestimmt umschreiben lassen, und durch keine Uebergänge mit den verwandten Formen verbunden sind. Solche Classen sind z. B. die der Säugethiere, Vögel und Reptilien. Es fehlen hier lebende Uebergangsformen und es fehlt uns die Kenntniss der ausgestorbenen Zwischenformen, welche die gemeinsamen Stammeltern dieser Gruppen waren und dieselben aufs innigste verbanden. Ebenso sind gute Ordnungen diejenigen der Insecten-Classe, deren verbindende Zwischenglieder uns grösstentheils unbekannt sind. Wenn sich eine Classe so scharf und bestimmt umschreiben lässt, wie die der Vögel, der Insecten, so beruht dies zunächst immer auf unserer höchst unvollständigen Kenntniss derselben, die hauptsächlich durch grosse und wesentliche Lücken in ihrer paläontologischen Entwickelungsgeschichte bedingt ist.

„Schlechte Gruppen", schlechte oder unnatürliche Genera, Familien, Ordnungen, Classen nennen die Systematiker solche, deren Abgrenzung sehr schwierig ist, weil die entferntesten Formen der Gruppe durch eine continuirliche Kette von verbindenden Zwischengliedern zusammenhängen. Solche Classen sind z. B. die der Amphibien und Fische, zwischen denen *Lepidosiren* in der Mitte steht, der seltsame, wenig veränderte Nachkomme von den alten gemeinsamen Stammeltern der Amphibien und Teleostier. Ebenso sind schlechte Gruppen die einzelnen Ordnungen z. B. der Crustaceen, der Gasteropoden etc. Je vollständiger wir die lebenden und ausgestorbenen Glie-

---

wendet worden sind, haben die gänzlich unfruchtbaren und grundverkehrten, ja wahrhaft kindischen Streitigkeiten über die Frage gekostet, ob diese oder jene Formengruppe als Varietät oder Species, als Subgenus oder Genus, als Tribus oder Familie zu betrachten sei; und dabei ist es in der Regel nur sehr Wenigen von den zahllosen Speciesfabricanten eingefallen, sich zu fragen, was denn diese Begriffe eigentlich sagen wollen; diejenigen aber, die diese Frage wohl hier und da aufwarfen, waren von dem Dogma der Species-Constanz so geblendet, dass sie dieselbe für ganz unlösbar erklärten. Betrachtet man das Treiben der Systematik von diesem Standpunkt aus, so lässt sie sich nur mit dem Fass der Danaiden vergleichen.

der irgend einer Gruppe kennen lernen, desto unmöglicher wird es, die einzelnen Unterabtheilungen scharf von einander zu trennen, und desto schwieriger, den gesammten Charakter der ganzen Gruppe zusammen zu fassen. Während wir einerseits die Charaktere der Insectenclasse scharf definiren, und ihre einzelnen Ordnungen glatt abtrennen können, ist es bei der nahe verwandten Classe der Crustaceen ganz unmöglich, den Gesammt-Charakter der Gruppe zusammenzufassen und ihre einzelnen Ordnungen scharf zu unterscheiden. Die drei Ordnungen der Hufthiere, Pachydermen, Wiederkäuer und Einhufer, waren drei der besten und natürlichsten Ordnungen, so lange man ihre fossilen Zwischenformen nicht kannte. Als diese gemeinsamen Stammformen entdeckt waren, wurde es unmöglich, sie noch länger scharf zu trennen. Es waren nun schlechte und unnatürliche Abtheilungen geworden. Sehr viele kleinere und grössere Abtheilungen des Thierreichs erscheinen uns nur desshalb als „natürliche" Gruppen, weil wir bloss die hoch ausgebildeten und differenzirten Epigonen aus einer verhältnissmässig späten Zeit ihrer historischen Entwickelung kennen, so die Wirbelthiere, die Echinodermen. Während die Charakteristik solcher späteren Gruppen sich leicht und präcis zusammenfassen lässt, weil wir nicht genöthigt sind, ihre relativ unvollkommenen und einfachen Vorfahren mit darunter zu begreifen, so können wir umgekehrt eine allgemeine und zugleich bestimmte Charakteristik z. B. der Würmer gar nicht aufstellen, weil wir hier neben den hoch ausgebildeten späteren Epigonen noch die unvollkommensten niedersten Anfänge der Reihe kennen und von den ersteren nicht trennen können. Hieraus geht hervor, dass wir eine für alle Glieder eines Stammes gültige allgemeine Charakteristik desselben, wenn wir alle Glieder vom ersten bis zum letzten kennten, gar nicht würden geben können, weil die niedersten Anfangsstufen, die Wurzeln noch zu indifferent, für unsere Definitionen noch viel zu charakterlos sind.

Ganz ebenso wie die Species, werden also auch die umfassenderen und weiteren Kategorieen des Systems, die Genera, Familien, Classen etc. *gut und natürlich* genannt, wenn wir ihre gesammten Formensummen und namentlich die ausgestorbenen Stammformen derselben *schlecht und unvollständig kennen*; dagegen werden dieselben Abtheilungen *schlecht und unnatürlich* genannt, wenn wir ihren gesammten Formenkreis und namentlich die gemeinsamen Stammeltern derselben *gut* und *vollständig* in ihrem genealogischen Zusammenhange *kennen*. Daher wird jede gute und natürliche Gruppe des Systems um so schlechter und unnatürlicher, je vollständiger wir sie durch Auffindung der verbindenden Uebergangsformen und namentlich der ausgestorbenen gemeinsamen Stammformen kennen lernen.

IV. Die Baumgestalt des natürlichen Systems.

Wenn wir das gesammte System der Organismen vollständig von Anfang an kennen würden, wenn wir im vollständigen Besitze aller Thier- und Pflanzen-Arten sein würden, welche jetzt leben und jemals auf der Erde gelebt haben, so würde es, wie Lamarck, Goethe und Darwin bemerkt haben, ganz unmöglich sein, ein System mit scharf abgegrenzten Kategorieen aufzustellen. Da die einzige reale Kategorie des Systems der Stamm oder Typus ist, so würden wir nur eine (wahrscheinlich geringe) Zahl von solchen Stämmen neben einander vor uns sehen; Stämme, deren jeder sich im Laufe der Zeit aus einer ganz einfachen Wurzel durch fortgesetzte Ramification (Divergenz des Charakters) zu einem vielverzweigten Baume mit gewaltiger Krone und äusserst formenreichen Aesten entwickelt hat. Kein anderes Bild vermag uns die wahre Bedeutung, welche die verschiedenen Kategorieen innerhalb eines jeden Stammes besitzen, so treffend, klar und anschaulich zu versinnlichen, als das Bild eines weit verzweigten Baumes, dessen Aeste und Zweige, nach verschiedenen Richtungen divergirend, sich zu verschiedenen Formen entwickelt haben. Es ist dies in der That der genealogische Stammbaum jedes Stammes oder Typus, wie wir ihn auf den diesem Bande angehängten genealogischen Tafeln bildlich darzustellen versucht haben. Die einfache Wurzel des Hauptstammes ist die gemeinsame Urform, aus welcher der gesammte Formenreichthum der Aeste, Zweige etc. sich entwickelt hat. Die grossen Hauptäste, in welche zunächst der Stamm sich spaltet, sind die Classen des Stammes, die Aeste, die aus deren Theilung hervorgehen, die Ordnungen; jede Ordnung verästelt sich wieder in mehrere Zweige, welche wir Familien nennen, und die Verästelungen dieser Zweige sind die Gattungen; die feineren Aestchen dieser Ramificationen sind die Species, und die feinsten Zweiglein dieser die Varietäten; die Blätter endlich, welche büschelweis an den letzten Zweigspitzen sitzen, sind die Zeugungskreise oder die physiologischen Individuen, welche diese repräsentiren. Die Zweige und Aeste mit frisch grünenden Blättern sind die lebenden, die älteren mit den abgestorbenen welken Blättern die ausgestorbenen Formen und Formgruppen des Stammes.

Gleichwie es nun ganz unmöglich ist, an einem solchen Stamme zu sagen, wo die Grenze der einzelnen Astgruppen ist, wo die gröberen Aeste als Einheiten aufhören und die feineren aus ihnen hervorgehenden anfangen, oder wie es unmöglich ist, den Antheil des gemeinsamen Stammes scharf zu bestimmen, der jedem Aste zukommt, ganz so unmöglich ist es, an jedem Stamme des Thier- und Pflanzen-

Reichs die Grenze der einzelnen Classen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Arten scharf anzugeben. Wo dies möglich ist, da befindet sich eine Lücke in unserer Kenntniss, welche uns eine Kluft zwischen zwei verwandten Formengruppen vorspiegelt, die in der Natur nicht vorhanden, sondern entweder durch noch lebende oder durch ausgestorbene Zwischenformen überbrückt ist. Alle Aeste und Zweige dieses Baumes gehen auf ungleicher Höhe vom Stamme ab, erreichen einen ungleichen Grad der Entwickelung in Länge, Dicke und Verzweigung, und alle Zweige enden auf verschiedener Höhe und tragen eine ungleiche Anzahl von Blättern. Ganz so verhält es sich mit jedem Stamme des Thier- und Pflanzen-Reichs und es ergiebt sich hieraus, dass die Coordination und Subordination der verschiedenen Kategorieen (Verästelungs-Grade) durchaus nicht in der Weise schematisch zu bestimmen ist, wie es gewöhnlich geschieht. Der Grad der Coordination und Subordination kann vielmehr bei allen Gruppen eines Stammes ein äusserst verschiedenartiger sein.

Aus dieser und der vorhergehenden Betrachtung erledigt sich nun die vielventilirte Frage, ob es ein natürliches System der Organismen gebe, und welches dieses einzige System sei, von selbst. Es giebt allerdings ein natürliches System, und zwar nur ein einziges, innerhalb jeder der selbstständigen grossen natürlichen Hauptabtheilungen, der Stämme oder Phylen des Thier- und Pflanzen-Reichs. Dieses einzig natürliche System ist der reale Stammbaum eines jeden Stammes oder Phylum, und zeigt uns unter der Form eines einzigen, vielfach verästelten Baumes durch radial divergirende Verwandtschafts-Linien (Aeste und Zweige des Baums) den verschiedenen Grad der Blutsverwandtschaft an, der die verschiedenen unter und neben einander geordneten Gruppen des Stammes verbindet.

Wenn wir dieses Bild festhalten und uns dabei stets erinnern, dass alle Kategorieen des Systems, die wir innerhalb des Stammes bilden, künstlich und nicht absolut zu umgrenzen sind, sondern nur wegen der Lückenhaftigkeit unserer Kenntnisse absolut zu sein scheinen; wenn wir uns ferner erinnern, dass alle diese Kategorieen abstracte Begriffe von relativem Werthe sind, und dass jede Kategorie in verschiedenen Stämmen und Stammtheilen einen sehr ungleichen Werth, sehr verschiedenen Umfang und Inhalt haben kann — wenn wir dieser künstlichen Natur des systematischen Fachwerks stets eingedenk bleiben, so werden wir dasselbe mit dem grössten Vortheile zur übersichtlichen und vergleichenden Darstellung der complicirten Verwandtschafts-Verhältnisse der einzelnen Stammgruppen anwenden können; ja es wird sich sogar eine wirklich naturentsprechende Anschauung von dem natürlichen Systeme jedes Stammes nur dann ge-

winnen lassen, wenn wir die einzelnen über und neben einander geordneten Gruppen durch zahlreiche dichtverzweigte und radial divergirende Verwandtschaftslinien verbinden und uns so die ursprüngliche Gestalt des reich verästelten Stammes möglichst reconstruiren. Den Versuch einer solchen ungefähren Reconstruction, welche allerdings eben so schwierig als wichtig ist, haben wir auf den angehängten genealogischen Tafeln, welche jedoch nur einen ganz provisorischen Werth besitzen, zum ersten Male gewagt.

V. Anzahl der subordinirten Kategorieen.

Da die einzelnen Kategorieen oder Gruppen des natürlichen Systems keinen absoluten Inhalt und Umfang besitzen, sondern nur die verschiedenen Divergenz-Grade der Aeste des Stammbaums bezeichnen, da ihr ganzer Werth für die Classification mithin in dem relativen Verhältniss der Subordination liegt, so ist es klar, dass die Zahl derselben ganz unbeschränkt ist, und dass der Stammbaum um so übersichtlicher wird, je grösser die Zahl der übereinander geordneten Gruppen ist. Wenn Agassiz und viele andere Systematiker diese Zahl auf sechs beschränken und nur die Begriffe der *Species*, *Genus*, *Familia*, *Ordo*, *Classis*, *Typus* als wirklich natürliche und reale Kategorieen gelten lassen wollen, so ist dies vollkommen willkührlich, und wird am besten durch die Thatsache widerlegt, dass Agassiz selbst genöthigt war, dennoch die untergeordneten Kategorieen der *Subclassis*, *Subordo*, *Subfamilia* etc. nachträglich anzuerkennen und selbst in Gebrauch zu ziehen. Wir werden also die Zahl der Kategorieen ganz beliebig je nach Bedürfniss vervielfältigen können und die einzige praktische Regel, die bei deren Anwendung zu verfolgen sein wird, dürfte diejenige sein, dass wir den relativen Rang der einzelnen Kategorieen constant fixiren und stets in einem und demselben Sinne festhalten, dass wir also z. B. die Ordnung stets als eine weitere, umfassendere Kategorie über die Familie, die Familie über die Tribus stellen, und nicht umgekehrt (wie es auch geschehen ist). Wenn wir in diesem Sinne die Stufenleiter der verschiedenen subordinirten Gruppen in der Reihenfolge, wie sie von den meisten Systematikern angenommen und befolgt wird, festsetzen, so ergiebt sich die nachstehende Rangordnung, in welcher jede vorausgehende Kategorie einen umfassenderen und weiteren Begriff hat, als jede nachfolgende. Als Beispiel fügen wir die systematische Bezeichnung der verschiedenen Kategorieen für ein Säugethier *(Hypudaeus amphibius)* und für eine Dicotyledone *(Hieracium pilosella)* bei [1]).

---

[1]) Wir glauben, dass die 24 vorstehenden Kategorieen in der Regel vollkommen

VI. Stufenleiter der subordinirten Kategorieen.

Kategorie des Systems.	Deutsche Bezeichnung der Gruppe.	Beispiel aus dem Thierreiche	Beispiel aus d Pflanzenreich
1. Phylum	Stamm (Typus)	*Vertebrata*	*Cormophyta*
2. Subphylum	Unterstamm	*Pachycardia*	*Anthophyta (Co doneae)*
3. Cladus	Stammast	*Allantoidia*	*Angiospermae*
4. Subcladus	Unterast		
5. Classis	Classe	*Mammalia*	*Dicotyledones*
6. Subclassis	Unterclasse	*Monodelphia*	*Dichlamydeae*
7. Legio	Legion	*Deciduata*	
8. Sublegio	Unterlegion	*Discoplacentalia*	
9. Ordo	Ordnung	*Rodentia*	*Aggregatae*
10. Subordo	Unterordnung		
11. Sectio	Haufe	*Myomorpha*	
12. Subsectio	Unterhaufe		
13 Familia	Familie	*Murina*	*Compositae (Sy- genesia)*
14. Subfamilia	Unterfamilie		*Liguliflorae*
15. Tribus	Sippschaft	*Arvicolida*	*Cichoraceae*
16. Subtribus	Untersippschaft	*Hypudaei*	*Crepideae*
17. Genus	Sippe (Gattung)	*Arvicola*	*Hieracium*
18. Subgenus	Untersippe (Untergattung)		
19. Cohors	Rotte	*Paludicola*	*Piloselloides*
20. Subcohors	Unterrotte		*Monocephala*
21. Species	Art	*Arvicola amphibius*	*Hieracium pilo*
22. Subspecies	Unterart		*Hieracium pilo mum*
23. Varietas	Rasse	*Arvicola (amphibius) terrestris*	
24. Subvarietas	Spielart	*Arvicola (amphibius terrestris) argentoratensis*	*Hieracium (pilo pilosissimum) p rianum*

ausreichen werden, um die verschiedenen Glieder eines jeden Stammes übersichtlich und übereinander zu gruppiren. Jedoch ist hiermit die Einführung von weiteren und geordneten Kategorieen keineswegs ausgeschlossen. Vielmehr wird ein natürliche stem, welches wirklich die natürliche Gruppirung aller Kategorieen eines Stamme ter dem Bilde eines ramificirten Stammbaues anschaulich überblicken lassen soll, klarer und übersichtlicher das relative Verwandtschaftsverhältniss der einzelnen Gr enthüllen, je grösser die Zahl der über einander stehenden Kategorieen ist. Wen gegen, wie es in den systematischen Werken meistens der Fall ist, die verw Gruppen nach einander aufgeführt werden (statt durch radial divergirende Ver schaftslinien verbunden zu sein), so wird man mit den gewöhnlich am meisten geb ten Kategorieen des Stammes, der Classe, Ordnung, Familie, Genus und Species u Subdivisionen dieser Stufen meistens ausreichen.

VII. Charakter-Differenzen der subordinirten Gruppen.

Nachdem wir unsere Ansicht von der genealogischen Bedeutung der Classification, und von dem natürlichen Systeme als dem wirklichen Stammbaum der Organismen dargelegt haben, wird es vielleicht nicht unpassend erscheinen, noch einen Blick auf den Werth der Charaktere der verschiedenen Kategorieen bezüglich ihres relativen Gewichtes zu werfen. Dass eine absolute Bestimmung des Inhalts und Umfangs dieser absracten Begriffe nicht möglich sei, wurde schon durch die oben gegebene Analyse des bezüglichen von Agassiz gemachten Versuches klar. Dagegen sahen wir, dass ein relativer Unterschied zwischen denselben insofern existirt, als jede weitere und höhere Kategorie durch allgemeinere und tiefer greifende Charaktere ausgezeichnet ist, als die nächst vorhergehende, engere und niedere Stufe. Je niedriger und enger die Kategorie ist, desto mehr haften ihre Charaktere bloss an der Oberfläche des Organismus und desto beschränkter und weniger tief sind sie. Zunächst erscheint diese Differenz lediglich als eine graduelle; jedoch ist in vielen Fällen auch ein qualitativer Unterschied ihres Werthes insofern nachzuweisen, als die Charaktere der niederen Kategorieen vorzugsweise analoge, durch Anpassung erworbene, diejenigen der höheren dagegen vorzugsweise homologe, durch Erbschaft erworbene sind. Je umfassender und allgemeiner eine Kategorie ist, wie z. B. diejenigen der Ordnung, der Classe, desto ausschliesslicher sind ihre auszeichnenden Charaktere in der Gesammtanlage und in der innern Structur des Körpers ausgesprochen, und durch Vererbung von vielen Generationen her erworben; je enger und beschränkter umgekehrt die Kategorie ist, wie z. B. Genus, Species, desto exclusiver spricht sich ihr Charakter bloss im Einzelnen und im Aeusseren der Körperform aus, und ist durch Anpassung erst seit kurzer Zeit erworben. Die Charaktere der höheren und allgemeineren Kategorieen sind ältere, längere Zeit hindurch vererbte, während diejenigen der niederen und specielleren Gruppen jüngere und erst durch eine kleinere Reihe von Generationen vererbt sind. Tiefer greifend und mehr den Gesammtcharakter der Form bestimmend sind aber die wesentlichen Charaktere der allgemeineren und älteren Kategorieen eben desshalb. weil sie älter sind, und weil nur die tieferen Veränderungen der Structur sich durch eine lange Reihe von Generationen vererben können, während die oberflächlichen und mehr äussere Einzelheiten der Form betreffenden Charaktere der specielleren und jüngeren Kategorieen leichter wieder sich verwischen

und durch andere Abänderungen verdrängt werden, eben weil sie jünger und nicht durch so lang dauernde Vererbungen befestigt sind.

Diese Betrachtung bestätigt vollkommen unsere Auffassung von dem genealogischen Charakter des natürlichen Systems. Es ist hiernach wesentlich das höhere Alter, die längere Reihe der vererbenden Generationen, welche den höheren Grad der Differenz und damit die allgemeinere Bedeutung der Kategorieen bestimmt. Im Allgemeinen wird daher jede Kategorie des Systems älter sein, als die nächstengere, darunter stehende, jünger als die nächstweitere, darüber stehende Stufe des Systems. So ist die Species jünger als das zugehörige Genus, älter als die zugehörenden Varietäten; ebenso ist die Ordnung jünger als die zugehörige Classe, älter als die zugehörenden Familien. Diese Erwägung ist insofern sehr wichtig, als sie uns den Causalnexus offenbart zwischen dem Alter und dem systematischen Werthe der Charaktere. Je älter ein Differential-Charakter ist, je grösser die Anzahl der Generationen, durch welche hindurch er sich vererbt und so befestigt hat, desto tiefer greift er in die Gesammt-Organisation des Thieres ein, desto schwerer ist er durch weiter gehende Veränderung zu verwischen und desto allgemeiner und höher ist die Rangstufe, auf welche er die betreffende Form erhebt.

Auf diesen höchst wichtigen Unterschied in dem systematischen Werthe der ererbten und der angepassten Charaktere muss der Morphologe bei der genealogischen Subordination der verschiedenen Systems-Gruppen das meiste Gewicht legen. Viel unwichtiger ist der Umstand, ob sich der gemeinsame typische Charakter einer bestimmten Gruppe in Form einer exclusiven Diagnose zusammenfassen lässt, oder nicht. Je besser wir die betreffende Gruppe mit allen ihrer Uebergangsformen zu den nächstverwandten Gruppen kennen, desto weniger wird eine solche scharfe und exclusive Diagnose möglich seien. Bei der genealogischen Reconstruction des natürlichen Systems, als des Stammbaums der Organismen, wird es daher nicht darauf ankommen, die einzelnen coordinirten und subordinirten Gruppen durch scharfe und exclusive Charakteristiken zu trennen, sondern vielmehr die vorwiegend erbliche oder angepasste Natur der Differential-Charaktere, ihr relatives Alter zu erkennen, und danach die gegenseitige Stellung der verwandten Gruppen zu bestimmen.

Fünfundzwanzigstes Capitel.

Die Verwandtschaft der Stämme.

„Der Mensch, wo er bedeutend auftritt, verhält sich gesetzgebend. In der Wissenschaft deuten die unzähligen Versuche, zu systematisiren, zu schematisiren dahin. Unsere ganze Aufmerksamkeit muss aber dahin gerichtet sein, der Natur ihr Verfahren abzulauschen, damit wir sie durch zwängende Vorschriften nicht widerspänstig machen, aber uns dagegen auch durch ihre Willkühr nicht vom Zweck entfernen lassen.“ Goethe.

I. Die Stämme des Protistenreichs.

Unter denjenigen biologischen Fragen, welche durch die Descendenz-Theorie an die Spitze der allgemeinen Entwickelungsgeschichte gestellt worden sind, tritt uns in erster Linie die Frage nach der Zahl und dem Umfang der natürlichen Stämme oder Phylen entgegen. Diese Frage besitzt aber nicht allein das grösste Interesse und die höchste Wichtigkeit; sondern es stehen zugleich ihrer Lösung die bedeutendsten Schwierigkeiten und die erheblichsten Hindernisse entgegen. Eine absolut sichere Beantwortung derselben wird niemals gegeben werden können, weil uns die Primordien des organischen Lebens, die Autogonie der ersten Phylen im Anfange der archolithischen Zeit, ewig verborgen bleiben müssen, und weil die Schlüsse, welche wir auf diesen Entwickelungs-Process aus unseren embryologischen, paläontologischen und anatomischen Kenntnissen ziehen können, immer im höchsten Grade unsicher und unvollständig bleiben werden. Dennoch sind wir verpflichtet, wenigstens den Versuch zu machen, zu einer annähernd wahrscheinlichen Vorstellung über Zahl, Umfang und Inhalt der selbstständigen organischen Phylen zu gelangen.

Die verschiedenen Möglichkeiten, welche in dieser Beziehung vorliegen, haben wir bereits im siebenten Capitel des zweiten Buches im Allgemeinen erörtert, als wir Inhalt und Umfang des Thier- und Pflanzenreichs bestimmten, und uns genöthigt sahen, neben diesen beiden allgemein unterschiedenen Reichen noch ein drittes „Reich“, das der Protisten zu constituiren (Bd. I, S. 191—238). Wir sind dort zu dem

Resultate gelangt, dass wahrscheinlich jedes der drei Reiche eine Collectivgruppe von mehreren selbstständigen Stämmen ist. Mit voller Sicherheit glauben wir dies insbesondere für das Protisten-Reich annehmen zu können, während für das Thierreich, und noch mehr für das Pflanzenreich daneben die Möglichkeit übrig bleibt, dass jedes derselben einem einzigen blutsverwandten Stamme entspricht (Bd. I, S. 198—206). Wir müssen hier auf diese wichtige Frage zurückkommen, und wenigstens die Hauptpunkte, die hierbei zu erwägen sind, hervorheben. Auf eine einigermaassen eingehende Discussion dieses interessanten Gegenstandes müssen wir jedoch hier verzichten, da selbst eine gedrungene Erörterung aller hierbei in Frage kommenden Verhältnisse den diesem Werk gesteckten Raum bei weitem überschreiten würde. Wir behalten uns jedoch ausdrücklich vor, unsere hier dargelegten Ansichten, welche zugleich in der systematischen Einleitung zu diesem Bande und in den demselben angehängten genealogischen Tafeln einen präciseren Ausdruck gefunden haben, in einer besonderen Arbeit ausführlich zu begründen.

Was zunächst das Protistenreich betrifft, so müssen wir auf unserer bereits im siebenten Capitel kurz erläuterten Ansicht beharren, dass dasselbe eine Gruppe von mehreren selbstständigen, nicht blutsverwandten Stämmen ist, welche vorzüglich nur durch das gemeinsame Band negativer Charaktere zusammengehalten werden. Einerseits nämlich fehlen den sämmtlichen Protisten die wesentlichsten von denjenigen Eigenschaften, durch welche wir das Thierreich und das Pflanzenreich in ihrem Gegensatze positiv charakterisirt haben. Andererseits stimmen dieselben überein in einer Anzahl von, allerdings meistens ziemlich indifferenten, Eigenschaften, welche wir im siebenten Abschnitt des siebenten Capitels zusammenzustellen versucht haben. Wir sind dort zur Aufstellung von acht getrennten und vollkommen selbstständigen Protisten-Stämmen gekommen. Von diesen schliessen sich zwei, nämlich die Diatomeen und Myxomyceten, im Ganzen mehr dem Pflanzenreiche, drei dagegen, nämlich die Rhizopoden, Noctiluken und Spongien, mehr dem Thierreiche an. Die drei übrigen, die Moneren, Protoplasten und Flagellaten bleiben vollständig indifferent. Wollte man daher unser Protistenreich auflösen und die Bestandtheile desselben den beiden anerkannten Reichen einreihen, so würde man nur die Rhizopoden, Noctiluken und Spongien dem Thierreiche, nur die Diatomeen und Myxomyceten dem Pflanzenreiche annectiren dürfen, während die Moneren, Protoplasten und Flagellaten als völlig indifferente Gruppen ewig die alten Grenzstreitigkeiten zwischen den Zoologen und Botanikern von Neuem anfachen würden. Unserer Ansicht nach haben nur die Protistiker Besitzrecht auf die Protisten, und von ihren Bemühungen hoffen wir, dass der dichte

Schleier, welcher gegenwärtig noch die Naturgeschichte des Protistenreichs umhüllt, mehr und mehr gelüftet werden wird.

Ein wichtiges Verhältniss, welches die Erkenntniss des Protistenreichs besonders erschwert, liegt in dem Umstande, dass aller Wahrscheinlichkeit nach auch die ersten Anfänge und die niedersten Entwickelungsstufen der thierischen und pflanzlichen Phylen von echten Protisten morphologisch nicht werden verschieden gewesen sein. Nach unserer Ueberzeugung muss der Ursprung jedes organischen Phylum mit der Autogonie von Moneren begonnen haben. Aus diesen structurlosen Eiweissklümpchen, welche den Formwerth einer Gymnocytode besassen, müssen sich dann zunächst einfache kernhaltige Zellen (durch Differenzirung von Kern und Plasma) entwickelt haben. Diese Zellen werden bald den Amoeben und Gregarinen des Protoplasten-Stammes (die thierischen Eier!), bald den Euglenen des Flagellaten-Stammes (die pflanzlichen Schwärmsporen!) ähnlicher gewesen sein. Wie sind nun diese ersten Jugendformen, welche alle thierischen und pflanzlichen Phylen im Beginn ihrer Epacme nothwendig durchlaufen haben müssen, von echten Moneren, echten Protoplasten, echten Flagellaten verschieden? Sind nicht vielleicht diese äusserst einfachen Organismen sämmtlich nur permanente Jugendzustände echter thierischer und pflanzlicher Phylen? Oder deuten sie nicht vielmehr sämmtlich auf eine gemeinsame Abstammung aller Organismen, auf eine einzige einfachste Moneren-Form, als gemeinsame Wurzel alles organischen Lebens auf der Erde hin?

Wir gestehen, dass wir uns mit diesen primordialen Fragen lange und intensiv beschäftigt haben, ohne zu irgend einem befriedigenden Resultate gekommen zu sein. Die Uebersicht, welche wir über den möglichen genealogischen Zusammenhang aller Stämme auf Tafel I geben, wird die Vorstellungen, die man sich etwa hierüber bilden kann, besser als eine lange Discussion erläutern. Einerseits spricht allerdings die Uebereinstimmung in den Anfängen der embryologischen Entwickelung für eine völlige Einheit der Abstammung; andererseits aber sprechen viele und gewichtige Gründe für eine ursprüngliche Verschiedenheit der autogonen Moneren und somit auch der aus ihnen hervorgegangenen Phylen. Selbst wenn das ganze Pflanzenreich einen einzigen selbstständigen Stamm, und ebenso wenn das ganze Thierreich einen einzigen selbstständigen Stamm bilden sollte, würden wir immer noch mehr geneigt sein, das Protistenreich als eine Collectivgruppe von mehreren selbstständigen Stämmen anzusehen. Damit wollen wir jedoch keineswegs die Möglichkeit, dass auch diese an ihrer Wurzel unter einander und mit den beiden anderen Reichen zusammenhängen, ausgeschlossen haben. (Vergl. Taf. I nebst Erklärung.)

Nach unserer subjectiven Ansicht ist die Zahl der verschiedenen Protisten-Stämme, die während der ganzen langen Zeit des organischen Lebens auf der Erde, während dieser Milliarden-Reihe von Jahrtausenden, sich entwickelt haben, ausserordentlich gross gewesen, und die wenigen Protisten-Stämme, die wir noch jetzt unterscheiden können, sind nur ein verschwindend geringer Rest von jener reichen Fülle. Wie schon Darwin sehr hübsch entwickelt hat, konnte auch in dem Falle, dass ursprünglich sehr zahlreiche selbstständige Urformen entstanden, doch verhältnissmässig nur ein sehr kleiner Theil derselben im Kampfe um das Dasein erhalten bleiben. Wir möchten in dieser Beziehung die ganze Organismen-Welt einer ungeheuren verdorrten Wiese vergleichen, auf welcher nur an ein paar feuchten Stellen ein wenig Rasen nebst einigen grossen und vielverzweigten Bäumen am Leben erhalten worden ist. Diese wenigen Bäume, von denen nur noch ein paar Aeste grünen, sind die wenigen thierischen und pflanzlichen Phylen. Die wenigen Grashalme, welche in ihrem Schatten noch leben, sind die wenigen, noch jetzt existirenden Protisten-Stämme; die ungeheuere Masse der abgestorbenen Grashalme entspricht der Menge der untergegangenen protistischen Phylen. Höchstwahrscheinlich sind zahllose indifferente protistische Phylen in ihrer ersten Epacme zu Grunde gegangen, ebenso wie von zahllosen individuellen Keimen immer nur einzelne wenige zur Entwickelung gelangen. Vielleicht dauert die Archigonie von Moneren, sei es nun Autogonie oder Plasmogonie, noch beständig fort; vielleicht ist sie nie unterbrochen gewesen. Von den Moneren, den Protoplasten, den Flagellaten und vielen anderen Protisten ist es nicht wahrscheinlich, dass sie sich seit der antelaurentischen Zeit unverändert auf ihrem niedrigsten Organisations-Zustande erhalten haben. Vielleicht sind sie erst viel später durch Autogonie entstanden; vielleicht entstehen sie so noch fortwährend. Wir besitzen nicht die Mittel, diese Fragen zu entscheiden.

II. Die Stämme des Pflanzenreichs.

Von allen drei Reichen zeigt uns das Pflanzenreich die grösste Einheit in seiner gesammten Organisation, so dass hier noch am ersten die genealogische Einheit des ganzen Reiches angenommen werden kann. Wir haben bei der Begrenzung der drei Reiche, welche wir im siebenten Capitel des zweiten Buchs versuchten, auch das Pflanzenreich, gleich dem Thierreiche und dem Protistenreiche, als einen Complex von mehreren getrennten und selbstständigen Phylen hingestellt. Wir unterschieden daselbst vier verschiedene vegetabilische Stämme, nämlich 1) die Phycophyten (den grössten Theil der Algen, nach Ausschluss der zu den Protisten gehörigen und derjeni-

gen Archephyten, welche Jugendformen der anderen Phylen sind); 2) die Characeen (Chara, Nitella); 3) die Nematophyten oder Inophyten (Pilze und Flechten); 4) die Cormophyten (sämmtliche Phanerogamen oder Anthophyten, und die Cryptogamen nach Ausschluss der vorher genannten Gruppen). In der systematischen Einleitung zu diesem Bande fügten wir diesen vier Stämmen noch zwei andere hinzu, indem wir den Phycophyten-Stamm in die drei Stämme Archephyten, Florideen und Fucoideen auflösten.

Wenn man überhaupt das Pflanzenreich als einen Complex von mehreren getrennten Phylen betrachten will, so werden sich diese sechs Gruppen wohl noch am ersten von einander trennen lassen. Der bei weitem mächtigste Stamm ist derjenige der Cormophyten, welcher nicht allein sämmtliche Phanerogamen, sondern auch von den Cryptogamen die Pteridophyten und Bryophyten umfasst, sowie diejenigen, nicht mit Sicherheit erkennbaren niederen Pflanzenformen, welche letzteren den Ursprung gegeben haben, und welche vielleicht theils unter den Inophyten, theils unter den Archephyten versteckt sind. Dass alle Cormophyten blutsverwandte Glieder eines einzigen Stammes sind, kann wohl nicht bestritten werden, und die Paläontologie liefert uns über die historische Entwickelungs-Folge der einzelnen Glieder dieses Stammes eine so vollständige und so trefflich zum Fortschritts-Gesetze passende Reihe von Thatsachen, dass sich, gestützt zugleich auf die vergleichende Anatomie und Ontogenie der Cormophyten, ihr Stammbaum sehr befriedigend in der auf Taf. II dargestellten Form entwerfen lässt. Als drei eigenthümliche Stämme, die sich durch ihre Anatomie und Ontogenie wesentlich auszeichnen, möchten wir die drei Gruppen der Fucoideen, Florideen und Characeen unterscheiden. Alle Pflanzen, welche innerhalb des Stammes der Fucoideen, innerhalb des Phylum der Florideen und innerhalb des Stammes der Characeen vereinigt sind, erscheinen innerhalb jedes dieser drei Phylen als nächste Blutsverwandte. Dagegen wird es bei den Nematophyten und noch mehr bei den Archephyten fraglich erscheinen, ob dieselben nicht vielmehr, gleich den Protisten, Aggregate von mehreren, vollkommen selbstständigen Phylen darstellen. Von sehr vielen Gliedern der Pilz-Classe, der Flechten-Classe und des Archephyten-Stammes (Codiolaceen, Nostochaceen etc.) erscheint es keineswegs unwahrscheinlich, dass dieselben zahlreichen selbstständigen autogonen Moneren ihren Ursprung verdanken, und vielleicht entstehen dieselben noch heutzutage durch Autogonie.

Auf der anderen Seite scheinen uns zu viele Gründe für eine genealogische Einheit des gesammten Pflanzenreichs zu sprechen, als dass wir nicht den Versuch hätten machen sollen, einen einheitlichen Stammbaum des ganzen Pflanzenreichs herzustellen, wie es auf Taf. II

geschehen ist. In diesem Falle müssen die vorhergenannten Phylen sämmtlich an ihrer Wurzel zusammenhängen. Den Ausgangspunkt würden dann ohne Zweifel die Archephyten geben, von denen aus sich einerseits im Meere die Fucoideen und Florideen, andererseits im Süsswasser die Characeen, und auf dem Festlande die Inophyten und Cormophyten als frühzeitig divergirende Subphylen entwickelt haben würden. Da die sämmtliche archolithische Flora, so viel wir aus der Paläontologie wissen, lediglich aus Algen, (Archephyten, Florideen und Fucoideen) bestand, und da erst in der antedevonischen Zeit, bei Beginn des paläolithischen Zeitalters, Cormophyten und Inophyten, als Landbewohner, aufgetreten sind, so ist es das Wahrscheinlichste, dass diese Stämme sich zu jener Zeit von der Archephyten-Wurzel aus entwickelt haben.

III. Die Stämme des Thierreichs.

Das Thierreich, wie wir dasselbe nach Ausschluss des grössten Theils der sogenannten Protozoen [1]) (der Spongien, Rhizopoden, Noctiluken, Flagellaten, Protoplasten etc.) begrenzt haben, umfasst die fünf Stämme der Coelenteraten, Echinodermen, Articulaten, Mollusken und Vertebraten. Es entsprechen diese Stämme im Ganzen den grossen Hauptabtheilungen des Thierreichs, welche seit Bär und Cuvier allgemein als „Kreise, Typen, Unterreiche" etc. des Thierreichs von den Zoologen unterschieden werden, und deren Selbstständigkeit als besondere „Organisations-Typen" von Bär auf Grund vergleichend embryologischer, von Cuvier auf Grund vergleichend anatomischer Untersuchungen festgestellt wurde. Bär sowohl als Cuvier, welche gleichzeitig und unabhängig von einander zu dieser

1) Den sogenannten Kreis der Protozoen halten wir, wie schon wiederholt bemerkt wurde, für eine durchaus künstliche Gruppe, die keineswegs eine derartige genealogische Einheit repräsentirt, wie die fünf übrigen „Kreise" oder „Typen" des Thierreichs. Wie früher die Würmer-Klasse, so wurde neuerdings der Protozoen-Kreis die Rumpelkammer, in der man alle Thiere und thierähnlichen Protisten zusammenwarf, die man sonst nirgends unterbringen konnte, oder die man nicht hinreichend kannte, um eine positive Charakteristik derselben geben zu können. Daher sucht man vergeblich in den zoologischen Handbüchern nach einer befriedigenden Begründung der Protozoen als einer natürlichen Gesammtgruppe. Wir glauben indess, dass dieser Umstand nicht sowohl in der Indifferenz und dem geringen Differenzirungs-Grad ihrer Charaktere, als in der thatsächlichen ursprünglichen Verschiedenheit der Abstammung der verschiedenen Protozoen-Classen begründet ist. Von den fünf Classen, welche man neuerdings gewöhnlich in dem Protozoen-Kreise vereinigt, können wir nur eine einzige, die der Ciliaten oder echten Infusorien, als eine unzweifelhaft thierische anerkennen. Wir halten dieselbe für den Ausgangspunkt des Würmerstammes, und damit vielleicht zugleich des ganzen Thierreichs. Die drei Protozoen-Classen der Rhizopoden, Noctiluken und Spongien halten wir für selbstständige Protisten-Stämme; die Gregarinen endlich, die fünfte Classe, betrachten wir als parasitische Protoplasten.

wichtigen Erkenntniss gelangten, unterschieden nur vier solche Typen: die Wirbel-, Glieder-, Weich- und Strahl-Thiere. Der letztere Kreis, der der Radiaten, wurde späterhin als eine unnatürliche Vereinigung verschiedener Typen erkannt, indem 1848 zuerst Leuckart die Coelenteraten, und gleichzeitig v. Siebold die Protozoen (Infusorien und Rhizopoden) aus demselben entfernte. Es blieben somit nur die Echinodermen übrig, welche eine eben so „natürliche“ und selbstständige Hauptabtheilung als die Coelenteraten darstellen. Zwar hat in neuester Zeit Agassiz wiederum den Versuch gemacht, die vier Typen Bärs und Cuviers in aller Strenge festzuhalten, und die Einheit des Radiaten-Kreises als durch die nächste Verwandtschaft der Coelenteraten und Echinodermen berechtigt nachzuweisen. Indessen müssen wir diesen Versuch vollständig für verfehlt halten. Ebenso gut, oder selbst mit noch mehr Recht, wie man Coelenteraten und Echinodermen als Radiaten, könnte man Articulaten, Mollusken und Vertebraten als Bilateral-Symmetrische oder Dipleuren zusammenfassen. Die Verwandtschaft dieser drei Typen ist noch enger, als die der beiden ersteren unter sich.

Die neueren Zoologen nehmen fast allgemein sieben Typen oder Kreise des Thierreichs an, nämlich 1) Vertebraten, 2) Mollusken, 3) Arthropoden, 4) Würmer, 5) Echinodermen, 6) Coelenteraten und 7) Protozoen[1]. Von diesen schliessen wir die Protozoen aus den schon genannten Gründen aus, indem wir die Infusorien als Anfänge der Articulaten, die übrigen Protozoen als selbstständige Protisten-Phylen betrachten. Von den sechs übrigen Typen lassen wir die beiden Kreise der Würmer und Arthropoden als Articulaten (in Bärs Sinne) vereinigt, da wir nicht im Stande sind dieselben als getrennte Typen auseinander zu halten, vielmehr die Würmer nur niedere Entwickelungs-Stufen des Arthropoden-Typus darstellen[2].

---

1) Nach dem Vorgange von Gegenbaur (in seinen ausgezeichneten „Grundzügen der vergleichenden Anatomie“, 1859) werden diese sieben „Grundtypen“ gewöhnlich neuerdings folgendermaassen eingetheilt: I) Protozoa (1) Rhizopoda. 2) Gregarinae. 3) Infusoria. 4) Porifera.) II) Coelenterata (1) Polypi. 2) Hydromedusae. 3) Ctenophora). III) Echinodermata (1) Crinoidea. 2) Asteroidea. 3) Echinoidea. 4) Holothurioidea). IV) Vermes (1) Platyelminthes. 2) Nematelminther. 3) Chaetognathi. 4) Annulata.) V) Arthropoda (1) Rotatoria. 2) Crustacea. 3) Arachnida. 4) Myriopoda. 5) Insecta). VI) Mollusca (1) Bryozoa. 2) Tunicata. 3) Brachiopoda. 4) Lamellibranchiata. 5) Cepholophora. 6) Cepholopoda.) VII) Vertebrata (1) Pisces. 2) Amphibia. 4) Reptilia. 4) Aves. 5) Mammalia).

2) In neuester Zeit hat Huxley in seinen trefflichen „Lectures on the elements of comparative Anatomy (London, 1864, p. 85) acht verschiedene Hauptgruppen oder Typen („Primary divisions, subkingdoms“) des Thierreichs unterschieden, nämlich I) Vertebrata (1) Mammalia. 2) Sauroida (Aves, Reptilia) 3) Ichthyoida (Amphibia, Pisces). II) Mollusca (1) Cepholopoda, 2) Pteropoda. 3) Pulmogasteropoda. 4) Branchiogasteropoda. 5) Lamellibranchiata). III) Molluscoida (1) Ascidioidea. 2) Brachiopoda.

Wenn wir nun diese wenigen obersten Hauptgruppen des Thierreichs, deren Anzahl je nach der Auffassung der verschiedenen Zoologen zwischen vier und acht schwankt, vom Standpunkte der Descendenz-Theorie aus vergleichend und synthetisch betrachten, so können wir zunächst nach unserer Ueberzeugung in keinem Zweifel darüber bleiben, dass jeder dieser thierischen Kreise, Typen oder Unterreiche eine Gruppe bildet, deren sämmtliche Bestandtheile unter sich blutsverwandt sind, und von einer und derselben gemeinsamen Stammform abstammen. Wenn jede dieser einheitlichen Gruppen aus einem besonderen autogonen Moner entsprungen ist, so müssen wir jede derselben für einen Stamm, ein selbstständiges Phylon erklären. Wir glauben auch, dass diese Ansicht, obwohl sie bisher noch nirgends ausgesprochen worden ist, unter denjenigen denkenden Zoologen, welche Anhänger der Descendenz-Theorie sind, allgemeine Zustimmung finden wird, abgesehen von den Modificationen, welche die einzelnen Zoologen in der Begrenzung der Zahl und des Umfangs dieser Stämme für passend erachten [1]).

Sobald nun aber diese genealogische Auffassung der thierischen „Typen" zugegeben ist, so tritt an uns die weitere Frage heran, ob dieselben wirklich alle von Grund aus vollkommen selbstständige und verschiedene organische Phylen sind, oder ob sie nicht doch vielleicht im Grunde an ihrer Wurzel zusammenhängen, und nur sehr früh divergirende Aeste eines einzigen thierischen Hauptstammes oder Archephylum darstellen. Im ersteren Falle müsste jedes der vier bis acht thierischen Phylen aus einer eigenen Moneren-Form entstanden sein und alle Formveränderungen vom einfachsten structurlosen Moner bis zum hochdifferenzirten zusammengesetzten Organismus selbstständig durchlaufen haben. Im zweiten Falle könnten wir für alle thierischen Stämme eine gemeinsame ursprüngliche Moneren-Form annehmen und die typischen Grundformen der einzelnen Phylen müssten sich dann erst später von der gemeinsamen Grundform abgezweigt haben. Wir

3) Polyzoa). IV) Coelenterata (1) Actinozoa (Anthozoa, Ctenophora). 2) Hydrozoa (Hydromedusae). V) Annulosa (1) Arthropoda. 2) Annelida). V) Annuloidea (1) Scolecida (Vermes) 2) Echinodermata). VII) Infusoria (Ciliata). VIII) Protozoa (1) Spongida. 2) Rhizopoda. 3) Gregarinida). Wir glauben ohne Gefahr einerseits die Mollusken und Molluskoiden, andererseits die Annulosen, Annuloideen und Infusorien vereinigen zu können. Vergl. die Einleitung.

1) Keferstein und andere Gegner Darwins haben wiederholt und mit besonderem Nachdruck hervorgehoben, dass allein schon die fundamentale Verschiedenheit der thierischen Typen (welche nach Hopkins „die Kepplerschen Gesetze in der Thierkunde" sein sollen!), die schlagendste Widerlegung von Darwins Irrlehre liefere. Diese Behauptung ist uns völlig unverständlich geblieben. Wenn die thierischen Typen wirklich völlig und von Grund aus verschiedene Organisations-Gruppen sind, so beweist dies doch weiter Nichts, als dass jeder derselben einen eigenen Stamm darstellt und seinen eigenen Stammbaum besitzt.

haben bisher vorwiegend die Ansicht von der völlig selbstständigen Natur der einzelnen thierischen Phylen vertreten, und haben auch an den vorhergehenden Stellen unseres Werkes, wo wir diese Frage berühren mussten, jene Annahme als die wahrscheinlichste hingestellt. Wir müssen aber nun bekennen, dass, je länger und intensiver wir über diese äusserst dunkle und schwierige Frage nachgedacht haben, wir desto mehr zu der entgegengesetzten, anfänglich sehr unwahrscheinlichen Ansicht hinübergeleitet worden sind, und wir wollen nun kurz die wichtigsten Gründe, welche für diesen genealogischen Zusammenhang aller thierischen Stämme sprechen, sowie die mögliche Art und Weise dieses Zusammenhangs erörtern. Bei Verwerthung der anatomischen Aehnlichkeiten für diese Frage kömmt zuletzt immer Alles auf die Entscheidung an, ob die letzten Uebereinstimmungen in der Structur als Homologieen (durch gemeinsame Abstammung erhalten) oder als Analogieen (durch gleichartige Anpassung erworben) aufzufassen seien. Grade diese wichtige Entscheidung ist aber oft äusserst schwierig.

Am meisten scheint uns zunächst für eine Blutsverwandtschaft aller Thiere die histologische Uebereinstimmung im Bau ihrer differenzirten Elementartheile, der Plastiden und der aus diesen abgeleiteten „Gewebe" zu sprechen. Bei Thieren aller Stämme finden wir Nervenfasern und quergestreifte Muskelfasern, complicirt gebaute Gewebe, deren Uebereinstimmung sich leichter als Homologie wie als Analogie auffassen lässt. Weniger Gewicht wollen wir auf die gleiche morphologische Beschaffenheit der Eizelle und der aus dieser hervorgehenden Furchungskugeln legen, da diese theils nicht allgemein nachgewiesen ist (Infusorien), theils auch bei echten Pflanzen (Pteridophyten) und Protisten (Spongien) vorkömmt. Sehr wichtig scheint uns ferner der Umstand zu sein, dass alle thierischen Stämme nur in ihren hoch differenzirten und vollkommenen Formen so stark divergiren, dass gar keine Verwandtschaft mit den übrigen zu bestehen scheint, während dagegen die niederen und unvollkommneren, indifferenteren Formen der verschiedenen Stämme (ebenso wie viele ihrer jüngsten Jugendzustände) sich viel näher stehen und selbst mehrfach zweifelhafte Mittelstufen und Uebergangsformen einschliessen. Endlich, und dies scheint besonders der Erwägung werth, müssen wir bekennen, dass, wenn wir uns die möglichen ältesten Stammformen und ältesten Generationsreihen der verschiedenen isolirt entstandenen Stämme vor Augen stellen könnten, wir aller Wahrscheinlichkeit nach nicht im Stande sein würden dieselben zu unterscheiden. Das autogone Moner, aus dem jeder Stamm entsprungen sein müsste, würde vermuthlich immer eine völlig indifferente, structurlose Protisten-Form darstellen, deren etwaige geringe chemische Unterschiede

wir nicht im Stande sein würden wahrzunehmen; ebenso würden die daraus entwickelten einfachsten Zellen, amoebenartige Gymnoplastiden, wahrscheinlich eben so wenig erkennbare Differentialcharaktere darbieten. Wenn also auch wirklich ursprüngliche Unterschiede der animalen Phylen bestanden und alle sich selbstständig entwickelt hätten, würden wir doch höchst wahrscheinlich dieselben nicht unterscheiden können. Da die Urgenerationen mikroskopisch kleine und höchst zerstörbare weiche Organismen, gleich den niedersten jetzt lebenden Protisten (Moneren, Protoplasten, Flagellaten etc.), gewesen sein müssen, so wird uns auch die empirische Paläontologie niemals über dieselben aufklären können.

Angenommen nun, dass wirklich ein genealogischer Zusammenhang aller thierischen Phylen bestanden hat, wofür viele und gewichtige Gründe sprechen, so tritt die äusserst schwierige und verwickelte Frage an uns heran, wie derselbe zu denken sei. Da eine ausführliche Erörterung dieser Frage uns hier viel zu weit führen würde, so versparen wir uns dieselbe für eine andere Gelegenheit und wollen nur ganz kurz die wichtigsten Punkte der hypothetischen Erwägungen, die sich uns darüber aufgedrängt haben, berühren. Wir verweisen dabei auf Taf. I nebst Erklärung, wo wir die mögliche Art und Weise des Zusammenhanges bildlich dargestellt haben, so wie auf die allgemeine Besprechung der einzelnen Stämme in der systematischen Einleitung zu diesem Bande.

Wenn alle echten Thiere von einer gemeinsamen einfachsten Stammform, und von einer aus dieser zunächst entwickelten gemeinsamen Stammgruppe ausgegangen sind, so würden als die nächsten lebenden Verwandten dieser ganz oder grösstentheils ausgestorbenen Stammgruppe die niederen Würmer (Scoleciden) und zwar weiterhin die unterste Stufe derselben, die echten Infusorien oder Ciliaten zu betrachten sein. Diese hängen so nahe mit Protisten (Flagellaten und Protoplasten) zusammen, dass die mögliche Entwickelungsfolge des ältesten gemeinsamen Thierstammes folgende sein könnte: 1) Moner (structurlose homogene Stammform, durch Autogonie entstanden); 2) Protoplast (Gymnamoebe, nackte Kernzelle); 3) Flagellat (bewimperte Schwärmzelle); 4) Infusor (Ciliat); 5) Turbellar (bewimperter Strudelwurm). Würmer, welche den heute noch lebenden Turbellarien von allen bekannten Thieren am nächsten stehen, scheinen uns, wie bereits in der systematischen Einleitung erörtert wurde, die niedrigsten, aus den Infusorien zunächst hervorgegangenen Würmer zu sein, aus denen sowohl die übrigen divergenten Aeste des Würmerstammes, als auch möglicherweise die übrigen Thierstämme direct oder indirect hervorgegangen sein können.

Was nun die einzelnen Hauptabtheilungen des Thierreichs betrifft,

welche gewöhnlich als getrennte „Phylen" angesehen werden, so scheint uns zunächst die Blutsverwandtschaft sämmtlicher Arthropoden und Anneliden mit den echten Würmern (Scoleciden) keinem Zweifel zu unterliegen, wesshalb wir dieselben in dem schon von Bär und Cuvier in diesem Umfang umschriebenen Typus der Articulaten vereinigt gelassen haben.

Der genealogische Zusammenhang der Würmer und der Coelenteraten scheint uns vorzüglich durch die ersten Jugendformen vieler Petracalephen und Nectalephen angedeutet zu werden, welche von den einfachsten Formen der bewimperten Infusorien oder Ciliaten (z. B. *Opalina*) nicht zu unterscheiden sind. Aber auch tectologische und promorphologische Aehnlichkeiten zwischen den niedersten Formen der Platyelminthen und der Coelenteraten scheinen uns für eine solche Stammesverwandtschaft zu sprechen.

Am wenigsten einleuchtend dürfte zunächst die Blutsverwandtschaft der Würmer und der Echinodermen erscheinen, und doch ist grade diese sehr nah und innig, wenn die Hypothese richtig ist, welche wir in der systematischen Einleitung vom Ursprunge der Echinodermen aus den Würmern gegeben haben. Hiernach würden die Asteriden, als die ältesten gemeinsamen Stammformen der Echinodermen, Colonieen oder echte Stöcke von gegliederten Würmern darstellen, welche durch innere Keimbildung oder Knospung in einer niederen Wurmform (noch jetzt durch die Amme der ersten Echinodermen-Generation repräsentirt) entstanden sind und innerhalb derselben zu einem strahligen Cormus mit gemeinsamer Ingestions-Oeffnung verwachsen sind. Jedes der fünf Antimeren des fünfstrahligen Echinoderms ist dann einem einzigen gegliederten Wurme homolog.

Viel augenfälliger ist der genealogische Zusammenhang der Würmer und der Mollusken, welche letzteren die älteren Zoologen allgemein mit den Würmern vereinigt liessen. Die Bryozoen, welche jetzt gewöhnlich als die niederste Stufe des Weichthierstammes betrachtet werden, sehen andere bewährte Zoologen noch heute als Würmer an. Besonders auffallend aber ist die nahe Verwandtschaft zwischen den niedersten lipobranchien Schnecken (*Rhodope* etc.) und den Turbellarien. Von einigen derselben ist noch heute zweifelhaft, ob sie als Schnecken oder als Strudelwürmer zu betrachten sind. Vielleicht sind übrigens die beiden Subphylen, welche wir in dem Mollusken-Phylum vereinigt haben, Himategen und Otocardier, zwei oder selbst mehrere getrennte Gruppen, welche sich selbstständig von verschiedenen Stellen des Würmerstammes abgezweigt haben.

Was endlich die Blutsverwandtschaft der Würmer und der Wirbelthiere anbelangt, so dürfte diese zunächst vielleicht noch mehr Anstoss erregen, als diejenige der Würmer und Echino-

dermen. Und dennoch bleibt uns dieselbe immerhin noch wahrscheinlicher, als die Entwickelung der Wirbelthiere aus einer besonderen autogonen Moneren-Form, so lange wenigstens, als der *Amphioxus*, ein verhältnissmässig schon so hoch differenzirter Organismus, die niederste bekannte Vertebraten-Form bleibt. Als diejenigen lebenden Würmer, welche vermuthlich den alten unbekannten Vorfahren der Wirbelthiere am nächsten stehen, haben wir oben in der systematischen Einleitung die Nematelminthen (Sagitten und Nematoden) angeführt, und verweisen zur Stütze dieser Annahme auf die dort gegebenen Andeutungen.

Die Gründe, auf welche wir die vorstehend ausgesprochene Vermuthung von einem gemeinsamen Ursprung aller Thierstämme aus dem Urstamme der Würmer stützen, sind zahlreicher und gewichtiger, als es auf den ersten Anblick scheinen könnte. Da jedoch das viele Detail aus der vergleichenden Anatomie, Ontogenie und Phylogenie, welches hierfür anzuführen wäre, hier nicht am Orte sein und uns viel zu weit führen würde, so behalten wir uns dessen kritische Verwerthung für eine andere Arbeit vor. Immerhin wollen wir auf Grund desselben keineswegs mit der gleichen Sicherheit eine Blutsverwandtschaft aller thierischen Stämme behaupten, wie wir eine solche bestimmt für alle Glieder eines jeden Stammes annehmen.

Zur Beurtheilung dieser äusserst dunklen und schwierigen Frage ist es immer von Werth, sich die folgende phylogenetische Alternative vorzuhalten: Entweder ist jeder thierische Stamm (mögen wir nun deren fünf oder vier oder acht oder mehr annehmen) selbstständigen Ursprungs, aus einer eigenen autogonen Moneren-Form hervorgegangen, und dann fehlt uns, denjenigen der Würmer ausgenommen, völlig die Kenntniss der Kette von niederen Entwickelungsformen, welche von dem autogonen Moner bis zum niedersten uns bebekannten Repräsentanten des Phylum heranreichen (also bis zur *Hydra*, zum *Uraster*, zur *Rhodope*, zum *Amphioxus* etc.) — oder aber es giebt nur einen einzigen thierischen Urstamm (Archephylum), welcher entweder selbstständig aus einer autogonen Urform hervorgegangen ist oder aber wiederum mit einem Theile der Protisten und vielleicht selbst mit allen übrigen Organismen aus einer einzigen Moneren-Wurzel entsprossen ist. In diesem Falle ist zweifelsohne der Würmerstamm derjenige, welcher am ersten als Ausgangspunkt der übrigen Phylen in der angedeuteten Weise angesehen werden kann. Tafel I nebst Erklärung ist dazu bestimmt, diese Vorstellung näher zu präcisiren.

Eine sichere Entscheidung dieser primordialen Fragen über Anzahl und Begrenzung, Umfang und Inhalt, Verwandschaft und Alter der einzelnen thierischen Stämme, und ebenso aller organischen Phy-

len überhaupt, wird niemals gegeben werden können, so weit sich auch noch die Biologie weiter entwickeln mag. Eine definitive oder selbst nur eine einigermaassen wahrscheinliche Beantwortung derselben würde uns nur die Paläontologie zu liefern vermögen, wenn dieselbe nicht grade in diesem Punkte äusserst unvollständig wäre und aus sehr nahe liegenden Gründen sein müsste. Alle jene primitiven Urformen und ältesten Generationsreihen, selbst wenn dieselben in lebendem Zustande für uns erkennbar und unterscheidbar wären, müssen grösstentheils aus mikroskopisch kleinen und aus völlig weichen, skeletlosen Formen bestanden haben, welche also keinenfalls erkennbare Reste in den geschichten Gesteinen der Erdrinde hinterlassen konnten. Selbst wenn sie aber an und für sich versteinerungsfähig gewesen wären, würden sie uns doch gegenwärtig grösstentheils ganz unbekannt sein, weil der allergrösste Theil der archolithischen Ablagerungen, in denen dieselben begraben sein müssten, sich in metamorphischem Zustande befindet und daher keine oder nur höchst dürftige erkennbare Reste mehr einschliesst.

Aus dem Umstande, dass in jenen neptunischen Schichten, welche zuerst von allen ältesten Formationen zahlreiche Versteinerungen einschliessen, in dem silurischen Systeme, bereits hoch entwickelte und weit differenzirte Repräsentanten aller einzelnen thierischen Stämme sich finden, könnte man vielleicht auf eine gesonderte Entwickelung derselben schliessen wollen. Indessen beweist jener Umstand desshalb gar nichts, weil jenen *silurischen Schichten*, die so lange als die ältesten fossiliferen Straten galten, *verhältnissmässig jungen Ursprungs* sind, und weil *diejenige Zeit der organischen Erdgeschichte, welche vor Ablagerung des silurischen Systems verfloss, jedenfalls sehr viel länger ist, als diejenige, welche nach derselben bis zur Jetztzeit dahin rollte.* Wir müssen auf diesen wichtigen Punkt noch besonders aufmerksam machen, weil die Gegner der Descendenz-Theorie ihn stets als ein besonders starkes Argument gegen dieselbe betont haben. Im silurischen Systeme, dem ältesten von allen Schichtensystemen, welche Versteinerungen in grösserer Menge und aus allen thierischen Stämmen führen, finden sich von den Wirbelthieren bereits Fische vor, von den Arthropoden Trilobiten, von den Würmern Anneliden, von den Mollusken Cephalopoden, von den Echinodermen Asteriden, von den Coelenteraten Anthozoen. Aus der Existenz dieser verhältnissmässig schon so hoch entwickelten Repräsentanten hat man eine Menge der verkehrtesten Schlüsse von der grössten Tragweite gezogen, mit einem Mangel von Kritik und Vorsicht, welcher für die gewöhnliche Urtheilsunfähigkeit der „exacten Empiriker" äusserst bezeichnend ist. In der That würde die Descendenz-Theorie durch

jene Fossilien völlig gestürzt werden, wenn dieselben wirklich die Reste der ältesten Organismen wären, die jemals auf dieser Erde gelebt haben. Dies ist aber ganz bestimmt nicht der Fall. Schon Darwin sprach hiergegen mit wahrhaft prophetischem Geiste das Wort aus: „Wenn meine Theorie richtig ist, so müssten unbestreitbar schon vor Ablagerung der silurischen Schichten eben so lange oder noch längere Zeiträume, wie nachher verflossen, und müsste die Erdoberfläche während dieser ganz unbekannten Zeiträume von lebenden Geschöpfen bewohnt gewesen sein." Diese wichtige Behauptung ist in den acht seitdem verflossenen Jahren in der glänzendsten Weise empirisch bestätigt worden. Die Entdeckung des ungeheuer mächtigen laurentischen Schichtensystems, in dessen unteren Schichten das *Eozoon canadense* gefunden worden ist, sowie die bessere Erkenntniss des fossilienarmen cambrischen Schichtensystems, welches über dem laurentischen und unter dem silurischen liegt, hat plötzlich die ganze archolithische Zeit, welche vor der Silur-Zeit verfloss, und während welcher bereits die Erde von Organismen bevölkert war, in ganz ungeheuren Dimensionen verlängert. Aller Wahrscheinlichkeit nach ist das archolitische Zeitalter, aus dem wir fast bloss die fossilen Reste der jüngsten, der silurischen Periode kennen, sehr viel länger, als alle folgenden Zeiträume zusammengenommen bis zur Jetztzeit, und in diesen ungeheuren Milliarden von Jahrtausenden, deren Länge das menschliche Anschauungsvermögen gänzlich übersteigt, hatten die einzelnen Phylen hinlänglich Zeit, sich aus autogonen Moneren bis zu der Höhe, die sie in der Silurzeit schon zeigen, zu entwickeln [1].

Allein schon dieser äusserst bedeutungsvolle Umstand erinnert uns wieder daran, mit welcher äussersten Vorsicht und Kritik wir stets das paläontologische Material beurtheilen, und Schlüsse daraus auf die Phylogenie ziehen müssen. Wenn wir nicht die empirische Paläontologie in der ausgedehntesten Weise durch die hypothetische Genealogie ergänzen, und uns dabei auf die breite Grundlage der vergleichenden Anatomie und Ontogenie stützen, so müssen wir überhaupt auf jeden Entwurf einer zusammenhängenden Phylogenie verzichten. Ganz besonders gilt dies aber von der hier vorliegenden

1) Unter den zahlreichen albernen und kindischen Einwürfen gegen die Descendenz-Theorie, welche nicht allein von unwissenden Laien, sondern auch von kenntnissreichen Naturforschern stets wiederholt werden, spielt eine der bedeutendsten Rollen derjenige, dass dieselbe in den Milliarden von Jahrtausenden, deren sie zweifelsohne für ihre Erklärung der organischen Entwickelungs-Erscheinungen bedarf, doch viel zu lange Zeiträume erfordere! Als ob durch irgend ein Polizei-Gesetz die unbegreiflich lange Zeit der organischen Entwickelung auf der Erde in bestimmte Schranken geschlossen wäre; und als ob diese unendlichen Zeiträume nicht existiren könnten, weil wir sie nicht anschaulich zu erfassen vermögen! Es ist dies grade so unverständig, als wenn eine Eintagsfliege behaupten wollte, ein Eichbaum könne unmöglich tausend Jahre alt werden!

Frage über Anzahl, Umfang, Inhalt und Verwandtschaft der ursprünglichen Phylen. Die empirische Paläontologie, welche erst von der Silurzeit an aufwärts uns berichtet, und also erst mitten in einem bereits weit vorgerückten Stadium der phyletischen Entwickelungsgeschichte beginnt, lässt uns hier völlig im Stich. Aufschluss über diese eben so dunkeln als schwierigen Fragen können wir nur von einem gründlichen inductiven Verständniss der gesammten organischen Morphologie, und der Ontogenie insbesondere erwarten. Der rothe Faden in dem dunklen Labyrinthe dieser primordialen phyletischen Entwickelungs-Verhältnisse bleibt auch hier stets der lichtvolle dreifache Parallelismus der phyletischen, biontischen und systematischen Entwickelungs-Geschichte.

---

1) Von den zahlreichen möglichen Vorstellungen, welche man sich über Zahl und Zusammenhang der organischen Stämme machen kann, haben wir auf Taf. I drei der am meisten wahrscheinlichen Fälle schematisch dargestellt. Von den drei longitudinalen neben einander stehenden) Feldern enthält das linke (p x f a) das Pflanzenreich, das mittlere (a f h c) das Protistenreich, und das rechte (c h y q) das Thierreich. Von den drei transversalen (über einander stehenden) Feldern zeigt das oberste (p m n q) die Hypothese einer grösseren Anzahl von selbstständigen organischen Phylen, nämlich sechs (9—14) für das Pflanzenreich (p m e a), acht (1—8) für das Protistenreich (a e g c), und fünf (15—19) für das Thierreich (c g n q). Eine zweite Hypothese ist durch die Linie x y angedeutet; diese nimmt nur drei ursprüngliche Phylen an, einen Pflanzenstamm (p x f a), einen Protistenstamm (a f h c) und einen Thierstamm (c h y q). Das unterste Feld endlich zeigt in dem mittleren Quadrat (f b d h) eine dritte mögliche Hypothese, die monophyletische Hypothese von der einheitlichen Abstammung sämmtlicher Organismen. Ausser den hier angedeuteten Fällen lassen sich noch eine grosse Anzahl anderer Möglichkeiten denken, die indessen im Ganzen sehr wenig Interesse und Sicherheit bieten. Viel wichtiger für die organische Morphologie, als diese schwierige und dunkle Frage, bleibt die Erkenntniss des genealogischen Zusammenhanges innerhalb jeder der grösseren typischen Gruppen, die wir oben als 19 Phylen unterschieden haben.

Sechsundzwanzigstes Capitel.

Phylogenetische Thesen.

„Der Philosoph wird gar bald entdecken, dass sich die Beobachter selten zu einem Standpunkte erheben, aus welchem sie so viele bedeutend bezügliche Gegenstände übersehen können."

Goethe.

I. Thesen von der Continuität der Phylogenese.

1. Die Phylogenesis oder die phyletische Entwickelung, d. h. die Epigenesis der Arten und der aus ihnen zusammengesetzten Stämme, ist ein ebenso continuirlicher Process, als die Ontogenesis oder die biontische Entwickelung, d. h. die Epigenesis der Bionten oder der physiologischen Individuen[1]).

2. Die continuirliche Phylogenesis ist ebenso eine wirkliche Epigenesis (und nicht eine Evolution), wie die continuirliche Ontogenesis.

3. Die einzelnen Arten oder Species, aus denen jeder Stamm oder Phylum zusammengesetzt ist, sind daher ebenso unmittelbar aus einander hervorgegangen, wie die einzelnen Entwickelungszustände, aus denen die Ontogenesis jedes physiologischen Individuums zusammengesetzt ist.

[1]) Ueber die „Thesen" vergl. S. 295 Anm. und Bd. I, S. 364 Anm. Wir führen auch hier unter den „phylogenetischen Thesen" nur einige der hauptsächlichsten Theorieen, Gesetze und Regeln an, zu welchen uns die „Entwickelungsgeschichte der Arten und Stämme" im sechsten Buche geführt hat, und verweisen wegen deren Begründung auf den vorhergehenden Text dieses Buches selbst, sowie auch besonders auf das neunzehnte Capitel des fünften Buches, in welchem wir bereits die Entwickelungsgeschichte der Arten und Stämme erläutern mussten, um zu wirklichem Verständniss der Ontogenie zu gelangen. Ausdrücklich hervorzuheben sind in diesem Capitel die Gesetze der Vererbung (S. 170—190) und die Gesetze der Anpassung (S. 192—219), welche als die beiden fundamentalen Functionen der Phylogenesis in ihrer beständigen Wechselwirkung vollkommen ausreichen, um alle Erscheinungen in der Entwickelung der Arten, der Stämme und aller anderen Kategorieen des Systems zu begreifen. Ebenso verweisen wir noch besonders auf die Gesetze der natürlichen Züchtung (S. 248), der Divergenz (S. 249) und des Fortschritts (S. 257.)

4. Die Entstehung der Arten aus einander ist ein mechanischer Process, welcher durch die Wechselwirkung der Anpassung und Vererbung im Kampfe um das Dasein bedingt wird.

5. Es existirt also eben so wenig eine Schöpfung oder Erschaffung der einzelnen organischen Arten, als der einzelnen organischen Individuen.

6. Es existirt mithin auch ebenso wenig ein „zweckmässiger Plan" oder ein „vorbedachtes Ziel" in der phyletischen Entwickelung der Arten, wie in der biontischen Entwickelung der Individuen.

II. Thesen von der genealogischen Bedeutung des natürlichen Systems der Organismen.

7. Es existirt ein einziges zusammenhängendes natürliches System der Organismen und dieses einzige natürliche System ist der Ausdruck realer Beziehungen, welche thatsächlich zwischen allen Organismen bestehen, die gegenwärtig auf der Erde leben und zu irgend einer Zeit auf derselben gelebt haben.

8. Die realen Beziehungen, welche alle lebenden und ausgestorbenen Organismen unter einander zu den Hauptgruppen des natürlichen Systems verbinden, sind genealogischer Natur; ihre Formen-Verwandtschaft ist Blutsverwandtschaft; das natürliche System ist daher der Stammbaum der Organismen, oder ihr Genealogema.

9. Entweder sind alle Organismen Glieder eines einzigen Urstammes (Phylum) d. h. Descendenten einer und derselben gemeinsamen autogonen Stammform; oder es existiren verschiedene selbstständige Phylen neben einander, welche sich unabhängig von einander aus selbstständigen autogonen Stammformen entwickelt haben; im ersteren Falle bildet das natürliche System einen einzigen Stammbaum, im letzteren Falle eine Collectivgruppe von mehreren Stammbäumen, und zwar von so vielen Stammbäumen, als autogone Stammformen unabhängig von einander entstanden sind. (Vergl. Taf. I—VIII.)

10. Die autogonen Stammformen aller Stämme, welche unabhängig von einander durch unmittelbaren Uebergang anorganischer Materie in organische entstanden sind, können nur Organismen der denkbar einfachsten Natur, völlig structurlose und homogene Plasmastückchen (Moneren) gewesen sein.

11. Alle Organismen sind in letzter Linie Nachkommen solcher autogonen Moneren, in Folge der Divergenz des Charakters durch natürliche Züchtung entwickelt.

12. Die verschiedenen subordinirten Gruppen des natürlichen Systems, die Kategorieen der Classe, Ordnung, Familie, Sippe etc. sind schwächere und stärkere Aeste des Stammbaumes, deren Divergenz-

Grad den genealogischen Entfernungs-Grad der blutsverwandten Organismen von einander und von der gemeinsamen Stammform bezeichnet.

13. Alle verschiedenen Gruppen oder subordinirten Kategorieen des natürlichen Systems besitzen demnach nur eine relative, keine absolute Bedeutung, und sind untereinander durch alle möglichen Zwischenstufen continuirlich verbunden.

14. Die Lebensdauer jeder Gruppe des Systems ist nicht durch Praedestination beschränkt, sondern lediglich die nothwendige Folge der Wechselwirkung von Anpassung und Vererbung im Kampfe um das Dasein.

15. Diejenige Gruppenstufe oder Kategorie des natürlichen Systems, welche alle Organismen umfasst, die unter gleichen Existenzbedingungen gleiche Charaktere besitzen, zeichnen wir als Art oder Species vor den übergeordneten Gruppen der Sippe, Familie etc., und vor den untergeordneten Gruppen der Subspecies, Varietät etc. aus.

III. Thesen von der organischen Art oder Species.

16. Die organische Art oder Species, als das genealogische Individuum zweiter Ordnung, ist einerseits ebenso eine Vielheit von Zeugungskreisen oder genealogischen Individuen erster Ordnung, wie andererseits jeder Stamm (Phylum) als genealogisches Individuum dritter Ordnung die Vielheit aller blutsverwandten Arten ist.

17. Die Species ist die Gesammtheit aller Zeugungskreise, welche unter gleichen Existenzbedingungen gleiche Form besitzen und sich höchstens durch den Polymorphismus adelphischer Bionten unterscheiden.

18. Die Subspecies und Varietäten, als die nächst untergeordneten Gruppenstufen des Systems, sind beginnende Species.

19. Die Genera und Familien, als die nächst übergeordneten Gruppenstufen des Systems, sind untergegangene Species, welche sich in ein divergirendes Formenbüschel aufgelöst haben.

20. Die Species sind in unbegränztem Maasse veränderlich und können sich durch Anpassung an neue Existenzbedingungen jederzeit in neue Arten umwandeln.

21. Die Umwandelung oder Transmutation der Species in neue Arten, und die Divergenz ihres Varietätenbüschels, durch welche neue Arten entstehen, wird vorzüglich durch die Wechselwirkung der Vererbung und Anpassung im Kampfe um das Dasein bedingt.

22. Es existiren keine morphologischen Eigenthümlichkeiten, welche die Species von den anderen Gruppenstufen des Systems (Varietäten, Genera etc.) durchgreifend unterscheiden.

23. Es existiren keine physiologischen Eigenthümlichkeiten, welche die Species von den anderen Gruppenstufen des Systems (Varietäten, Genera etc.) durchgreifend unterscheiden.

24. Die Lebensdauer jeder Art ist nicht durch Praedestination beschränkt, sondern lediglich die nothwendige Folge der Wechselwirkung von Anpassung und Vererbung im Kampfe um das Dasein.

IV. Thesen von den phylogenetischen Stadien.

25. Die Phylogenesis oder phyletische Entwickelung, d. h. die Entwickelung jeder genealogischen Gruppe oder Kategorie des natürlichen Systems, von der Varietät, Species und Genus bis hinauf zur Ordnung, Classe und Stamm, ist ein physiologischer Process von bestimmter Zeitdauer.

26. Die Zeitdauer der phyletischen Entwickelung jeder Systems-Gruppe wird durch die Gesetze der Vererbung und Anpassung bestimmt, und ist lediglich das Resultat der Wechselwirkung dieser beiden physiologischen Factoren.

27. In dem zeitlichen Verlaufe der phyletischen Entwickelung jeder Systemsgruppe lassen sich allgemein drei verschiedene Abschnitte oder Stadien unterscheiden, welche mehr oder minder deutlich von einander sich absetzen.

28. Jedes Stadium der phyletischen Entwickelung jeder Systemsgruppe ist durch einen bestimmten physiologischen Entwickelungs-Prozess charakterisirt, welcher in demselben zwar nicht ausschliesslich, aber doch vorwiegend wirksam ist.

29. Das erste Stadium der phyletischen Entwickelung, das Jugendalter der Systems-Gruppe oder die Aufblühzeit, Epacme, ist durch das Wachsthum der Gruppe charakterisirt.

30. Das zweite Stadium der phyletischen Entwickelung, das Reifealter oder die Blüthezeit, Acme, ist durch die Differenzirung der Gruppe charakterisirt.

31. Das dritte Stadium der phyletischen Entwickelung, das Greisenalter oder die Verblühzeit, Paracme, ist durch die Degeneration der Gruppe charakterisirt.

V. Thesen von dem dreifachen Parallelismus der drei genealogischen Individualitäten.

32. Die Kette von successiven Formveränderungen, welche die Zeugungs-Kreise oder die dieselben repräsentirenden Bionten während ihrer individuellen Existenz durchlaufen, ist im Ganzen parallel der Kette von successiven Formveränderungen, welche die Vorfahren

der betreffenden Zeugungskreise während ihrer paläontologischen Entwickelung aus der ursprünglichen Stammform ihres Phylon durchlaufen haben.

33. Diese Parallele zwischen ber biontischen und der phyletischen Entwickelung erklärt sich aus den Gesetzen der Vererbung, und insbesondere aus den Gesetzen der abbreviirten, homotopen und homochronen Vererbung.

34. Die Kette von coexistenten Formverschiedenheiten, welche die verwandten Arten und Artengruppen jedes Stammes zu jeder Zeit der Erdgeschichte darbieten, ist im Ganzen parallel der Kette von successiven Formveränderungen, welche die divergenten Formenbüschel dieses Stammes während ihrer paläontologischen Entwickelung aus der gemeinsamen ursprünglichen Stammform durchlaufen haben.

35. Diese Parallele zwischen der systematischen und der phyletischen Entwickelung erklärt sich aus den Gesetzen der Divergenz, und insbesondere aus der Erscheinung, dass die verschiedenen Aeste und Zweige eines und desselben Stammes einen sehr ungleich raschen Verlauf ihrer phyletischen Veränderung erleiden und zu sehr ungleicher Höhe sich entwickeln.

36. Die Kette von coexistenten Formverschiedenheiten, welche die verwandten Arten und Artengruppen jedes Stammes zu jeder Zeit der Erdgeschichte darbieten, ist im Ganzen parallel der Kette von successiven Formveränderungen, welche die Bionten der betreffenden Artengruppe während ihrer individuellen Existenz durchlaufen.

37. Diese Parallele erklärt sich aus der gemeinsamen Abstammung der verwandten Arten, und zunächst schon aus der Verbindung der beiden vorhergehenden Parallelen; denn wenn die phyletische Entwickelungsreihe sowohl der biontischen als der systematischen Entwickelungsreihe parallel ist, so müssen auch diese beiden letzteren unter einander parallel sein [1]).

38. Der dreifache Parallelismus der phyletischen, biontischen und systematischen Entwickelung erklärt sich demnach, gleich allen anderen allgemeinen Entwickelungs-Erscheinungen, einfach und vollständig durch die Descendenz-Theorie, während er ohne dieselbe, gleich diesen allen, völlig unerklärt bleibt.

---

1) Da die biontische Entwickelung die gesammte Ontogenesis der genealogischen Individuen erster Ordnung oder der Zeugungskreise — die phyletische Entwickelung die gesammte Phylogenesis der Phylen oder der genealogischen Individuen dritter Ordnung — die systematische Entwickelung aber (als Object der vergleichenden Anatomie) das fertige Resultat der Phylogenese in der Entwickelung der Arten oder der genealogischen Individuen zweiter Ordnung umfasst, so können wir den dreifachen genealogischen Parallelismus auch als die Parallele der drei genealogischen Individualitäten bezeichnen.

Siebentes Buch.

Die Entwickelungsgeschichte der Organismen in ihrer Bedeutung für die Anthropologie.

„Grosser Brama, Herr der Mächte!
Alles ist von Deinem Samen,
Und so bist Du der Gerechte!
Hast Du denn allein die Bramen,
Nur die Rajas und die Reichen,
Hast Du sie allein geschaffen?
Oder bist auch Du's, der Affen
Werden liess und unser's Gleichen?

„Edel sind wir nicht zu nennen,
Denn das Schlechte das gehört uns,
Und was Andre tödtlich kennen,
Das alleine, das vermehrt uns.
Mag dies für die Menschen gelten,
Mögen sie uns doch verachten;
Aber Du, Du sollst uns achten,
Denn Du könntest Alle schelten!

„Also Herr, nach diesem Flehen,
Segne mich zu Deinem Kinde;
Oder Eines lass entstehen,
Das auch mich mit Dir verbinde!
Denn Du hast den Bajaderen
Eine Göttin selbst erhoben;
Auch wir Andern, Dich zu loben,
Wollen solch ein Wunder hören!"

Goethe (des Paria Gebet).

Siebenundzwanzigstes Capitel.

Die Stellung des Menschen in der Natur.

„Ein wenig besser würd' er leben,
Hätt'st Du ihm nicht den Schein des Himmelslichts gegeben;
Er nennt's Vernunft, und braucht's allein,
Nur thierischer als jedes Thier zu sein.
Er scheint mir, mit Verlaub von Euer Gnaden,
Wie eine der langbeinigen Cicaden,
Die immer fliegt und fliegend springt,
Und gleich im Gras ihr altes Liedchen singt."

Goethe.

Von allen speciellen Folgerungen, welche die causale Begründung der organischen Entwickelungsgeschichte durch die Descendenz-Theorie nach sich zieht, ist keine einzige von so hervorragender Bedeutung, als ihre Anwendung auf den Menschen selbst. Nur durch sie wird die Frage von der „Stellung des Menschen in der Natur" gelöst, diese „Frage aller Fragen für die Menschheit" — wie sie Huxley mit Recht nennt — „das Problem, welches allen übrigen zu Grunde liegt, und welches tiefer interessirt als irgend ein anderes." In der That ist dieses Problem von so fundamentaler theoretischer Wichtigkeit für die gesammte menschliche Wissenschaft, von so unermesslicher praktischer Bedeutung für das gesammte menschliche Leben, dass wir nicht umhin können, am Schlusse unserer allgemeinen Entwickelungsgeschichte einen Blick auf dasselbe zu werfen. Denn nur allein vom Standpunkte der Descendenz-Theorie und der durch diese begründeten Entwickelungsgeschichte kann diese Frage wissenschaftlich gelöst werden, und ist dieselbe bereits in den letzten Jahren auf den Weg ihrer definitiven Lösung geführt worden. Zwar gehört sie eigentlich in das Gebiet der speciellen Entwickelungsgeschichte; indessen wird ihr ungeheueres Gewicht und der Um-

stand, dass die allgemeine Entwickelungsgeschichte zunächst den festen Boden für deren Entscheidung liefert, es gewiss genügend rechtfertigen, dass wir derselben hier einen besonderen, wenn auch ganz aphoristisch gehaltenen Abschnitt widmen.

Darwin selbst hat in seinem epochemachenden Werke die Anwendung seiner Theorie auf den Menschen nicht gemacht, in weiser Voraussicht der Aufnahme, welche dieselbe finden würde. Sicherlich würde die durch sein Werk reformirte Descendenz-Theorie gleich von Anfang an noch weit mehr Widerstand und Anfeindung gefunden haben, wenn sogleich jene wichtigste Folgerung in dasselbe mit wäre aufgenommen worden. Dagegen wurde diese Lücke schon wenige Jahre nach dem Erscheinen von Darwin's Werke durch Arbeiten von mehreren der hervorragendsten Zoologen ausgefüllt, unter denen wir hier insbesondere Huxley und Carl Vogt hervorzuheben haben [1]).

---

[1]) Die erste Schrift, welche die Anwendung der Descendenz-Theorie auf den Menschen in ihrer ganzen Bedeutung nachwies und in einer trefflichen Darstellung durchführte, sind die höchst lesenswerthen „Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur (Mans place in nature)" von Thomas Henry Huxley (in das Deutsche übersetzt von Victor Carus, Braunschweig 1863). Die drei in denselben enthaltenen Abhandlungen „über die Naturgeschichte der menschenähnlichen Affen, über die Beziehungen des Menschen zu den nächstniederen Thieren, über einige fossile menschliche Ueberreste" behandeln die wesentlichsten Punkte, auf welche es hierbei ankömmt, in der bekannten klaren, lichtvollen und allgemein verständlichen Darstellung, welche den Verfasser, einen der bedeutendsten Zoologen der Gegenwart, in so hohem Maasse auszeichnet. Wir wollen bei dieser Gelegenheit nicht versäumen, neben der genannten Abhandlung von Huxley auch noch eine andere von demselben ausgezeichneten Verfasser auf das Wärmste zu empfehlen: „über unsere Kenntniss von den Ursachen der Erscheinungen in der organischen Natur". Sechs Vorlesungen für Laien, übersetzt von Carl Vogt. Braunschweig 1865. Die darin enthaltene musterhafte Darstellung der Bedeutung, welche Darwin's Selections-Theorie und die dadurch mechanisch begründete Descendenz-Theorie für die gesammte Biologie besitzt, verdient nicht nur von allen gebildeten Laien gelesen und beherzigt zu werden, sondern namentlich auch von jenen zahlreichen Botanikern und Zoologen, welche ihre gedankenlose Detail-Krämerei als „exacte Empirie" zu verherrlichen belieben.

Weit ausführlicher, und mit zahlreichen und wichtigen speciellen Beweisen aus den verschiedensten biologischen Gebieten belegt, behandelte demnächst dieselbe Frage Carl Vogt in seinen vortrefflichen „Vorlesungen über den Menschen, seine Stellung in der Schöpfung und in der Geschichte der Erde" (Giessen 1863, 2 Bände). Auch diese Vorlesungen verdienen, gleich denjenigen von Huxley, die weiteste Verbreitung. Geschrieben in der lebendigen, anregenden und allgemein verständlichen Weise, durch welche sich Carl Vogt so sehr vor den meisten übrigen deutschen Naturforschern auszeichnet, und gestützt durch die ausgebreiteten Kenntnisse, welche derselbe als einer der ersten deutschen Zoologen besitzt, erörtern diese Vorlesungen unsern Gegenstand in so vortrefflicher und vielseitig anregender Weise, dass wir für alle speciellen, hier einschlagenden Fragen lediglich darauf verweisen können.

Eine kürzere und gedrängtere, ebenfalls allgemein verständliche Darstellung desselben Gegenstandes, welche sich insbesondere durch übersichtliche Kürze und durch vielseitige Blicke in die verwandten Gebiete empfiehlt, verdanken wir Friedrich Rolle: „der Mensch, seine Abstammung und Gesittung im Lichte der Darwin'schen Lehre von

Es ist unbestritten und es ist auch noch von allen frei denkenden und consequent schliessenden Naturforschern, sowohl von den Gegnern als von den Anhängern der Descendenz-Theorie, jetzt allgemein anerkannt, dass unter allen Umständen die Abstammung des Menschengeschlechts von niederen Wirbelthieren, und zwar zunächst von affenartigen Säugethieren deren nothwendige und unvermeidliche Consequenz ist. Gerade wegen dieser Consequenz, welche mit den Vorurtheilen der meisten Menschen unvereinbar ist, sind Viele zu Gegnern der Descendenz-Theorie geworden, welche an und für sich derselben geneigt sein würden.

Die Descendenz-Theorie ist ein allgemeines Inductions-Gesetz, welches sich aus der vergleichenden Synthese aller organischen Naturerscheinungen und insbesondere aus der dreifachen Parallele der phyletischen, biontischen und systematischen Entwickelung mit absoluter Nothwendigkeit ergiebt. **Der Satz, dass der Mensch sich aus niederen Wirbelthieren, und zwar zunächst aus echten Affen entwickelt hat, ist ein specieller Deductions-Schluss, welcher sich aus dem generellen Inductions-Gesetz der Descendenz-Theorie mit absoluter Nothwendigkeit ergiebt.**

Diesen Stand der Frage „von der Stellung des Menschen in der Natur“ glauben wir nicht genug hervorheben zu können. Wenn überhaupt die Descendenz-Theorie richtig ist, so ist die Theorie von der Entwickelung des Menschen aus niederen Wirbelthieren weiter nichts, als ein unvermeidlicher einzelner Deductions-Schluss aus jenem allgemeinen Inductions-Gesetz. Es können daher auch alle weiteren Entdeckungen, welche in Zukunft unsere Kenntnisse über die phyletische Entwickelung des Menschen noch berei-

---

der Artentstehung und auf Grundlage der neuen zoologischen Entdeckungen dargestellt“ (Frankfurt 1866). Schon vorher hatte sich derselbe Verfasser verdient gemacht durch eine gleichfalls sehr empfehlenswerthe populäre Darstellung von „Darwin's Lehre von der Entstehung der Arten im Pflanzen- und Thierreich in ihrer Anwendung auf die Schöpfungsgeschichte“. Frankfurt 1863.

In Italien hat der ausgezeichnete Zoologe Filippo de Filippi in einem geistvollen Vortrage: „L'uomo e le Scimie“ die Abstammung des Menschen trefflich behandelt und durch Hervorhebung einiger neuer Seiten bereichert.

Endlich müssen wir hier als ein für unsere Frage sehr wichtiges Werk das umfangreiche Buch von Charles Lyell hervorheben: „Das Alter des Menschengeschlechts auf der Erde und der Ursprung der Arten durch Abänderung, nebst einer Beschreibung der Eiszeit in Europa und Amerika, übersetzt von Louis Büchner. Leipzig 1864“. Der grosse englische Geologe, welcher auf dem Gebiete der Geologie sich ähnliche Verdienste erworben hat, wie Darwin auf dem der Biologie, hat in diesem Werke vorzüglich die geologischen und paläontologischen Thatsachen, welche sich auf diese Frage beziehen, sehr gründlich und kritisch erörtert.

chern werden, nichts weiter sein, als specielle Verificationen jener Deduction, die auf der breitesten inductiven Basis ruht. Denn in der That ist es die Summe aller bekannten Erscheinungen in der organischen Morphologie, auf welche wir jenes grosse Inductions-Gesetz der Descendenz-Theorie gründen; und jene specielle Folgerung aus demselben ist eben so sicher, als irgend eine andere Deduction. Eben so sicher, als wir schliessen, dass alle von uns gezüchteten Pferde-Rassen Nachkommen einer gemeinsamen Stammform, dass alle Hufthiere Epigonen eines und desselben Stammvaters, dass alle Säugethiere Descendenten eines und desselben Mammalien-Stammes sind, vollkommen eben so sicher schliessen wir auch, dass das Menschengeschlecht nichts weiter, als eines der kleinsten und jüngsten Aestchen dieses formenreichen Stammes ist.

Was die speciellen Abstammungs-Verhältnisse des Menschengeschlechts von der Affen-Ordnung betrifft, so haben wir bereits oben in dem Anhange zur Einleitung in die allgemeine Entwickelungsgeschichte das Wichtigste derselben angeführt, und darauf die systematische Stellung des Menschen in der Ordnung der Affen begründet. Die Phylogenie der Wirbelthiere, so weit sie sich durch die Paläontologie empirisch begründen, und durch den Parallelismus der embryologischen und systematischen Entwickelung ergänzen lässt, ergiebt folgende

Ahnenreihe des Menschen.

(Vergl. hierüber Taf. VII und VIII.)

1. Leptocardier oder Röhrenherzen; dem *Amphioxus* nächstverwandte Wirbelthiere ohne Gehirn und ohne centralisirtes Herz (in der archolithischen Zeit, vor der Silur-Zeit)[1].
2. Selachier oder Urfische, und zwar speciell den Squalaceen oder Haifischen nächstverwandte Fische (zu Ende des archolithischen und im Beginne des paläolithischen Zeitalters, in der Silur- und Devon-Zeit).
3. Amphibien, und zwar früher den Sozobranchien oder Perennibranchien (*Proteus*, *Siren*), später den Sozuren oder Salamandern (*Triton*, *Salamandra*) nächstverwandte Amphibien (während des grössten Theiles der paläolithischen Zeit).
4. Amnioten von unbekannter Form, welche den Uebergang von den Amphibien (Sozuren) zu den niedersten Säugethieren (Ornithodelphien) vermittelten (zu Ende des paläolithischen oder im Beginne des mesolithischen Zeitalters).

---

[1]) Was die wahrscheinliche Abstammung der Leptocardier von niederen Wirbellosen (und zwar von Nematelminthen) anbetrifft, so haben wir diese schon oben erläutert (vergl. S. LXXXII, CXIX und 414).

5. Ornithodelphien oder Amasten von unbekannter Form, den niedersten jetztlebenden Säugethieren, *Ornithorhynchus* und *Echidna* nächstverwandt (im Beginne der Secundär-Zeit).
6. Didelphien oder Marsupialien, echte Beutelthiere, und zwar wahrscheinlich den Beutelratten oder Pedimanen (*Didelphys*) nächstverwandte Formen (während des grössten Theiles, vielleicht während der ganzen Secundär-Zeit).
7. Indeciduen von unbekannter Form, Monodelphien ohne Decidua, welche den Uebergang von den Didelphien zu den Deciduaten und zwar speciell zu den Discoplacentalien, und zu deren Stammform, den Prosimien, vermittelten (gegen Ende der Secundär-Zeit oder in der Anteocen-Zeit).
8. Prosimien oder Halbaffen (Hemipitheken), den jetzt lebenden Lemuren (*Lemur*, *Stenops* etc.) nächstverwandte Deciduaten, und zwar Discoplacentalien (während der Anteocen-Zeit).
9. Catarrhinen oder schmalnasige Affen, und zwar zunächst Menocerken, den heutigen Anasken (*Semnopithecus*, *Colobus*) nächstverwandt, mit Schwanz und mit Gesässschwielen (während der Eocen-Zeit).
10. Lipocerken, d. h. Catarrhinen ohne Schwanz, den heutigen Anthropoiden nächstverwandte Affen, und zwar früher Tylogluten, dem *Hylobates* ähnlich, noch mit Gesässschwielen, später Lipotylen, dem *Gorilla* ähnlich, ohne Gesässschwielen (während der mittleren und neueren Tertiär-Zeit).

Wir müssen uns hier mit einer flüchtigen Andeutung dieser wichtigsten Grundlinien für die paläontologische Entwickelungsgeschichte des Menschengeschlechts begnügen, wie sie aus einer denkenden und vergleichenden Betrachtung der embryologischen, paläontologischen und systematischen Thatsachen mit unvermeidlicher Nothwendigkeit sich ergeben. Im Einzelnen ist natürlich die Phylogenie des Menschen zur Zeit noch sehr schwierig, und ihre specielle Motivirung würde uns hier viel zu weit führen.

Ebenso wenig können wir hier auf eine Widerlegung der heftigen Angriffe eingehen, welche die unvermeidliche Anwendung der Descendenz-Theorie auf die Entstehung des Menschen hervorgerufen hat, und bei dem gegenwärtigen niederen Bildungsgrade der sogenannten „Culturvölker" nothwendig hervorrufen musste. Glücklicher Weise sind die meisten dieser Angriffe entweder so ohne alle biologische Thatsachen-Kenntniss, oder so ohne allen logischen Verstand geschrieben, dass sie einer ernstlichen Widerlegung kaum bedürfen. Interessant und lehrreich ist dabei nur der Umstand, dass besonders diejenigen Menschen über die Entdeckung der natürlichen Entwickelung des Menschenge-

schlechts aus echten Affen am meisten empört sind und in den heftigsten Zorn gerathen, welche offenbar hinsichtlich ihrer intellectuellen Ausbildung und cerebralen Differenzirung sich bisher noch am wenigsten von unsern gemeinsamen tertiären Stammeltern entfernt haben.

Viele Menschen haben in der Aufstellung des natürlichen Stammbaums unseres Geschlechts eine „Entwürdigung" des Menschen finden wollen, und weisen mit Abscheu die Affen, Amphibien und Haifische als ihre uralten Vorfahren zurück [1]). Wir unsererseits können in der Erkenntniss dieser Abstammung umgekehrt nur die höchste Ehre und Verherrlichung des Menschengeschlechts erblicken. Denn was kann es für den Menschen Erhebenderes geben und worauf kann er stolzer sein, als auf die Thatsache, dass er in der unendlich complicirten Entwickelungs-Concurrenz, in welcher sich die Organismen seit vielen Milliarden von Jahrtausenden befinden, sich von der niedrigsten Organisationsstufe zur höchsten von allen erhoben, alle seine Verwandten überflügelt und sich zum Herrn und Meister über die ganze Natur erhoben hat; dass er Haifische und Salamander, Beutelthiere und Halbaffen so weit hinter sich gelassen hat, dass in der That Nichts weiter in der gesammten organischen Natur mit diesem Entwickelungstriumphe zu vergleichen ist!

Obgleich alle somatischen und psychischen Differenzen zwischen dem Menschen und den übrigen Thieren nur quantitativer, nicht qualitativer Natur sind, so erscheint dennoch die Kluft, welche ihn von jenen trennt, als höchst bedeutend. Dieser Umstand ist nach unserer Ansicht vorzugsweise darin begründet, dass **der Mensch in sich mehrere hervorragende Eigenschaften vereinigt, welche bei den übrigen Thieren nur getrennt vorkommen.** Als solche Eigenschaften von der höchsten Wichtigkeit möchten wir namentlich vier hervorheben, nämlich die höhere Differenzirungs-Stufe des Kehlkopfs (der Sprache), des Gehirns (der Seele) und der Extremitäten, und endlich den aufrechten Gang. Alle diese Vorzüge kommen einzeln auch anderen Thieren zu: die Sprache, als Mittheilung articulirter Laute, vermögen Vögel (Papageien etc.) mit hoch differenzirtem Kehlkopf und Zunge eben so vollständig als der Mensch zu erlernen. Die Seelenthätigkeit steht bei vielen höheren Thieren (insbesondere bei Hunden, Elephanten, Pferden) auf einer höheren Stufe der Ausbildung

---

[1]) Nach der herrschenden Vorstellung über die Entstehung des Menschen, welche mit unserer mythologischen Jugendbildung uns schon in frühester Kindheit eingeimpft wird, ist der Mensch aus einem „Erdenklos" entstanden. Inwiefern in dieser Vorstellung etwas Erhebenderes liegt, als in der wahren Erkenntniss seiner Abstammung vom Affen, vermögen wir nicht zu begreifen. Jeder Organismus, auch das einfachste Moner, ist edler und vollkommener, als ein Erdenklos, geschweige denn ein so feiner und hoch differenzirter Organismus, als es der des Affen ist.

als bei den niedersten Menschen. Die Hände sind als ausgezeichnete mechanische Werkzeuge bei den höchsten Affen schon eben so entwickelt, wie bei den niedersten Menschen. Den aufrechten Gang endlich theilt der Mensch mit dem Pinguin und einigen anderen Thieren; die Locomotionsfähigkeit ist ausserdem bei sehr vielen Thieren vollkommener und höher als beim Menschen entwickelt. Aber der Mensch ist das einzige Thier, welches alle diese äusserst wichtigen Eigenschaften in seiner Person vereinigt und gerade dadurch sich so hoch über seine nächsten Verwandten emporgeschwungen hat. Es ist also lediglich die glückliche Combination eines höheren Entwickelungsgrades von mehreren sehr wichtigen thierischen Organen und Functionen, welche die meisten Menschen (nicht alle!) so hoch über alle Thiere erhebt. Dadurch wird aber die Thatsache ihrer Abstammung von echten Affen in keiner Weise alterirt. Der Mensch hat sich ebenso aus den Affen, wie diese aus niederen Säugethieren entwickelt[1]).

[1]) Der Zeitraum, während dessen die langsame Umbildung der dem Gorilla nächststehenden Lipocerken oder anthropoiden Affen zu „wirklichen Menschen" stattfand, lässt sich gegenwärtig noch nicht näher bestimmen, fällt aber wahrscheinlich schon in die mittlere (miocene), vielleicht erst in die neuere (pliocene) Tertiär-Zeit. Der miocene *Dryopithecus Fontani*, welcher dem Menschen schon näher steht, als alle jetzt noch lebenden Anthropoiden, lässt dies vermuthen. Jedenfalls erfolgte auch dieser Umbildungs-Process, wie die allermeisten ähnlichen, unter dem unmittelbaren Einfluss der natürlichen Züchtung, und so langsam und allmählich, dass man von einem „ersten Menschen" gar nicht sprechen kann. Ein „erster Mensch" oder ein „erstes Menschenpaar" hat so wenig existirt, als ein erstes Rennpferd, ein erster Jagdhund, ein erster Affe u. s. w. Die vor einigen Jahren so viel ventilirte Frage von der Einheit der Abstammung des Menschengeschlechts löst sich nun natürlich in der einfachsten Weise. Nicht nur alle Menschen, sondern auch alle Säugethiere, alle Amphirrhinen, alle Wirbelthiere hatten einen gemeinsamen Stammvater. Die verschiedenen sogenannten Menschen-Rassen, welche durch Divergenz einer einzigen catarrhinen Urmenschen-Form entstanden sind, halten wir für eben so gute „Species", als etwa die verschiedenen anerkannten Arten der Katzen, Marder etc. Es lassen sich mindestens 5 — 7, vielleicht aber auch gegen ein Dutzend oder mehr „gute Menschen-Arten" noch gegenwärtig unterscheiden. Für den wichtigsten Schritt, welcher die Entwickelung echter Menschen aus echten Affen vermittelte, halten wir die Differenzirung des Kehlkopfs, welche die Entwickelung der Sprache und somit der deutlicheren Mittheilung und der historischen Tradition zur Folge hatte.

Achtundzwanzigstes Capitel.

Die Anthropologie als Theil der Zoologie.

> „Der Erdenkreis ist mir genug bekannt;
> Nach drüben ist die Aussicht uns verrannt.
> Thor, wer dorthin die Augen blinzend richtet,
> Sich über Wolken seines Gleichen dichtet!
> Er stehe fest und sehe hier sich um;
> Dem Tüchtigen ist diese Welt nicht stumm.
> Was braucht er in die Ewigkeit zu schweifen?
> Was er erkennt, lässt sich ergreifen!
> Er wandle so den Erdentag entlang;
> Wenn Geister spuken, geh' er seinen Gang;
> Im Weiterschreiten find' er Qual und Glück,
> Er, unbefriedigt jeden Augenblick.
> Ja! diesem Sinne bin ich ganz ergeben,
> Das ist der Weisheit letzter Schluss:
> Nur der verdient sich Freiheit wie das Leben,
> Der täglich sie erobern muss."
>
> Goethe (Faust).

Die vollständige Umwälzung, welche die Descendenz-Theorie und ihre specielle Anwendung auf den Menschen in allen menschlichen Wissenschaften hervorrufen wird, verspricht nirgends fruchtbarer und segensreicher zu wirken, als auf dem Gebiete der Anthropologie. Erst seitdem die Abstammung des Menschen vom Affen, seine allmähliche Entwickelung aus niederen Wirbelthieren, durch die Descendenz-Theorie festgestellt, erst seitdem dadurch die „Stellung des Menschen in der Natur" ein für allemal bestimmt ist, erscheint der Bauplatz abgesteckt, auf welchem das Lehrgebäude der wissenschaftlichen Anthropologie errichtet werden kann.

Da der Mensch nur durch quantitative, nicht durch qualitative Differenzen von den übrigen Thieren getrennt ist, da er seinem Baue, seinen Functionen, seiner Entwickelung nach sich weniger von den höheren Thieren entfernt, als diese von den niederen, so wird auch dieselbe Methode, durch welche wir die Erkenntniss der übrigen Thiere

erwerben, uns bei unserem Streben nach Erkenntniss des Menschen leiten müssen. Diese Methode ist nicht verschieden von derjenigen aller anderen Naturwissenschaften, wie wir sie im vierten Capitel erläutert haben. Die Modificationen der Erkenntniss-Methode, welche durch die eigenthümliche Natur des thierischen Organismus bedingt sind, werden eben so in der Anthropologie ihre Anwendung finden; es wird also auch hier in erster Linie die Entwickelungsgeschichte der rothe Faden sein, welcher uns als unentbehrlicher Führer durch das weite Gebiet der mannichfaltigen und verwickelten Erscheinungen hindurch leiten muss. Wie uns die vergleichende Ontogenie und Phylogenie, die individuelle und die paläontologische Entwickelungsgeschichte des Menschen zur Erkenntniss seiner Abstammung von den Affen geführt hat, so müssen wir ihrer Leitung auch auf allen einzelnen Gebieten der Anthropologie folgen. Und da für alle biologischen, sowohl physiologischen als morphologischen Untersuchungen die Vergleichung der verwandten Erscheinungen unerlässlich ist, so werden wir auch zur wissenschaftlichen Anthropologie nur durch das intensivste und extensivste Studium der vergleichenden Zoologie gelangen.

Da die Anthropologie nichts Anderes ist, als ein einzelner Special-Zweig der Zoologie, die Naturgeschichte eines einzelnen thierischen Organismus, so wird diese Wissenschaft natürlich auch in alle die untergeordneten Wissenschaften zerfallen, aus welchen sich die gesammte Zoologie zusammensetzt (vergl. Bd. I, S. 238). Es wird also zunächst die Anthropologie als die Gesammtwissenschaft vom Menschen in die beiden Hauptzweige der menschlichen Morphologie und Physiologie zerfallen, von denen jene die gesammten Form-Verhältnisse, diese die gesammten Lebens-Erscheinungen des menschlichen Organismus zu erforschen hat. Die Morphologie des Menschen spaltet sich wiederum in die beiden Zweige der menschlichen Anatomie und der menschlichen Entwickelungsgeschichte, zu welcher letzteren nicht bloss die Embryologie des Menschen, sondern auch seine Paläontologie, sowie die Völkergeschichte oder die sogenannte „Weltgeschichte" gehört. Die Physiologie des Menschen andererseits zerfallt in die beiden Zweige der Conservations-Physiologie und der Relations-Physiologie des Menschen; erstere hat alle auf die menschliche Ernährung und Fortpflanzung bezüglichen Verhältnisse, letztere die Beziehungen seiner einzelnen Körpertheile zu einander (Physiologie der Nerven und Muskeln etc.), sowie seine Beziehungen zur Aussenwelt (Oecologie und Geographie des Menschen) zu untersuchen. In diese vier Hauptzweige der Anthropologie lassen sich sämmtliche Wissenschaften, welche überhaupt von menschlichen Verhältnissen handeln (insbesondere auch alle sogenannten moralischen, politischen, socialen und historischen Wissenschaften, die Ethnographie etc.) einordnen und die Methoden ihrer

Behandlung müssen dieselben sein, wie in der übrigen Zoologie und wie in der Biologie überhaupt.

Von allen Zweigen der Anthropologie wird keiner so sehr von der Descendenz-Theorie betroffen und umgestaltet, als die Psychologie oder Seelenlehre, jener schwierige Theil der Physiologie, welcher von den Bewegungs-Erscheinungen des Central-Nervensystems handelt. Auf keinem Gebietstheile der Anthropologie sind Vorurtheile aller Art so mächtig und so allgemein herrschend, als auf diesem, und auf keinem wird die Descendenz-Theorie grössere Fortschritte bewirken, als hier. Nichts beweist dies so sehr, als der Umstand, dass man noch heutzutage fast allgemein die Seelen-Erscheinungen von allen übrigen physiologischen Functionen unterscheidet, und dass man die menschliche Seele als etwas ganz Besonderes hinstellt, was aller Analogie in der übrigen organischen Natur entbehren soll. Und doch gehorcht auch das Seelenleben des Menschen ganz denselben Gesetzen, wie das Seelenleben der übrigen Thiere, und ist von diesem nur quantitativ, nicht qualitativ verschieden. Wie alle übrigen complicirten Erscheinungen an den höheren Organismen, so kann auch die Seele, als die complicirteste und höchste Function von allen, nur dadurch wahrhaft verstanden und in ihrem innersten Wesen erkannt werden, dass wir sie mit den einfacheren und unvollkommneren Erscheinungen derselben Art bei den niederen Organismen vergleichen, und dass wir ihre allmähliche und stufenweise Entwickelung Schritt für Schritt verfolgen. Wie wir schon oben bemerkten, müssen wir hier überall nicht bloss auf die biontische, sondern auch auf die phyletische Entwickelung zurückgehen. Wir müssen also, um das hoch differenzirte, feine Seelenleben des Cultur-Menschen richtig zu verstehen, nicht allein sein allmähliches Erwachen im Kinde zu Rathe ziehen, sondern auch seine stufenweise Entwickelung bei den niederen Naturmenschen, und bei den Wirbelthieren, aus denen sich diese zunächst entwickelt haben.

Die eigentliche Natur der thierischen Seele haben wir bereits im siebenten Capitel gelegentlich erörtert (Bd. I, S. 232). Wenn wir hier auf das dort Gesagte zurückkommen, und nun mit Rücksicht auf die daselbst gegebene Erläuterung der wichtigsten psychischen Functions-Gruppen, des Empfindens, Wollens und Denkens, menschliche und thierische Psyche objectiv und unbefangen vergleichen, so kommen wir überall unausbleiblich zu dem Resultat, dass nur quantitative, nicht qualitative Differenzen auch in dieser Beziehung den Menschen vom Thiere trennen. Natürlich dürfen wir, um hier zu reinen Resultaten zu gelangen, nicht den gänzlich verkehrten Weg der speculativen Philosophen von Fach gehen, welche ihr hoch differenzirtes eigenes Gehirn als einziges empirisches Untersuchungs-Material benutzen und daraus die Psychologie des Menschen construiren wollen. Vielmehr müs-

sen wir vor Allem auf die vergleichende Psychologie der Kinder, der Geistesarmen, der Geisteskranken und der niederen Menschen-Rassen zurückgehen, und wir müssen deren ganzes Seelenleben mit demjenigen der höchst entwickelten Thiere vergleichen, um uns hier ein richtiges und objectives Urtheil zu erwerben. Wenn wir dies mit unbefangenem Blicke thun, so gelangen wir auf dem psychologischen Gebiet zu demselben hochwichtigen Resultat, welches die Physiologie bereits für alle anderen Lebens-Erscheinungen, die vergleichende Morphologie für die Form-Verhältnisse festgestellt hat: *dass die Unterschiede zwischen den niedersten Menschen und den höchsten Thieren nur quantitativer Natur, und viel geringer sind, als die Unterschiede zwischen den höheren und den niederen Thieren.* Mit Bezug auf alle einzelnen Seelen-Erscheinungen können wir selbst den Satz dahin formuliren, *dass die Unterschiede zwischen den höchsten und den niedersten Menschen grösser sind, als diejenigen zwischen den niedersten Menschen und den höchsten Thieren*[1]).

Von den einzelnen Bewegungs-Erscheinungen des Central-Nervensystems, welche man gewöhnlich als *Seele* zusammenfasst, wollen wir hier nur auf die wichtigsten einen flüchtigen Blick werfen. Der *Wille* ist bei den höheren Thieren ganz ebenso wie beim Menschen entwickelt, häufig an Intensität und Beweglichkeit letzterem überlegen. Der Wille ist bei dem Menschen ebenso, wie bei den Thieren, *niemals wirklich frei*, vielmehr in allen Fällen *durch causale Motive mit Nothwendigkeit bedingt* (vergl. oben S. 212). Die *Empfindung* ist bei den edelsten Thieren ebenso wie beim Menschen, oft aber zarter und feiner entwickelt. Selbst die edelsten und schönsten aller menschlichen Gemüths-Regungen, die Gattenliebe, die Mutterliebe, die Freundschaft, die Nächstenliebe, sind bei vielen Thieren zu einem höheren Grade, als bei vielen Menschen entwickelt. Die Zärtlichkeit der „Inseparables", bei denen der Tod des einen Gatten stets den des anderen nach sich zieht, die Mutterliebe der Löwin und der Elephantin, die Treue und Aufopferungsfähigkeit der Hunde und Pferde ist sprüchwörtlich geworden, und kann leider der grossen Mehrzahl der Menschen als Muster dienen. Die Regungen des Mitleids, des Gewissens

[1]) Wenn unsere speculativen Philosophen sich eine gehörige empirisch-zoologische Basis erworben, und statt nur den verwickeltsten Bewegungs-Erscheinungen der höchst differenzirten Gehirne zu folgen, das Seelenleben der Kinder, der Wilden, der Geistesschwachen und der höheren Thiere, der Affen, Hunde, Pferde, Elephanten etc. vergleichend studirt hätten, so würden sie schon längst zu ganz anderen Resultaten gekommen sein, als sie in den zahlreichen, höchst einseitigen Werken über Psychologie niedergelegt sind, welchen die unentbehrliche Basis der *Entwickelungsgeschichte* und der *Vergleichung* fehlt.

u. s. w. sind bei Hunden und Pferden bekanntlich ebenfalls oft sehr entwickelt, und mehr als bei vielen Menschen, ebenso die Leidenschaften des Ehrgeizes, der Eitelkeit etc. Selbst die Laster der Lüge und Heuchelei, welche einen Grundzug der neueren Cultur bilden, finden wir bei den am meisten cultivirten Hausthieren, insbesondere den Hunden, ebenso wie beim Menschen entwickelt. Hier wie dort giebt es böse und gute, falsche und treue Individuen.

In der That sind die Vorstellungen der Empfindung und des Willens bei vielen der höheren Thiere so hoch differenzirt, dass sie diesen nur selten abgesprochen worden sind. Anders verhält es sich aber mit der Function des **Denkens**, der Gedankenbildung, jenen höchsten und verwickeltsten Vorstellungen der thierischen Seele, welche wahrscheinlich immer durch eine höchst complicirte Wechselwirkung zahlreicher centrifugaler und centripetaler Erregungen erzeugt werden (vergl. Bd. I, S. 234). Die **Gedankenbildung** wird merkwürdiger Weise den Thieren sehr allgemein abgesprochen, während doch in der That Nichts leichter ist, als sich durch objective Beobachtung zu überzeugen, dass **die Gesetze des Denkens bei den höheren Thieren und beim Menschen durchaus dieselben sind**, und dass die Inductionen und Deductionen hier wie dort durchaus in der gleichen Weise gebildet werden. Auch in dieser Frage stossen wir wiederum auf die heftigste Opposition gerade bei denjenigen Menschen, welche durch ihre unvollkommnere Verstandes-Entwickelung oft selbst hinter den höheren Thieren zurückbleiben. Dies gilt nicht allein von den niederen Menschen-Rassen, sondern auch von vielen Individuen der höchsten Rassen, und selbst von solchen, bei denen man vermuthen sollte, dass die Masse erworbener Kenntnisse ihr Denkvermögen geschärft habe [1]).

Das geistige Leben wird also ebenso wie das körperliche bei den Thieren von denselben Naturgesetzen regiert, wie beim Menschen. Dagegen ist die Stufenleiter der psychischen Entwickelung innerhalb des Thierreiches ausserordentlich viel mannichfaltiger differenzirt, und erstreckt sich vom Nullpunkt der Reflexion bis zu ihrer höchsten Potenzirung. Gerade für das richtige Verständniss der **Entwickelung neuer Functionen durch Differenzirung** ist die vergleichende Seelenlehre der Thiere vom höchsten Interesse, und für die wissenschaftliche Psychologie des Menschen ganz unentbehrlich.

[1]) Besonders interessant sind gerade in dieser Beziehung zahlreiche Aeusserungen von Gegnern der Descendenz-Theorie, welche oft in wahrhaft erstaunlicher Weise einen Mangel an natürlicher, klarer und scharfer Gedanken-Bildung und Gedanken-Verbindung bezeugen, der sie entschieden unter die verständigeren Hunde, Pferde und Elephanten stellt. Da diese Thiere meistens nicht durch die alpenhohen Gebirgsketten von Dogmen und Vorurtheilen beschränkt werden, welche das Denken der meisten Menschen von Jugend an in schiefe Bahnen lenken, so finden wir bei ihnen nicht selten richtigere und natürlichere Urtheile, als sie namentlich bei den „Gelehrten" anzutreffen sind.

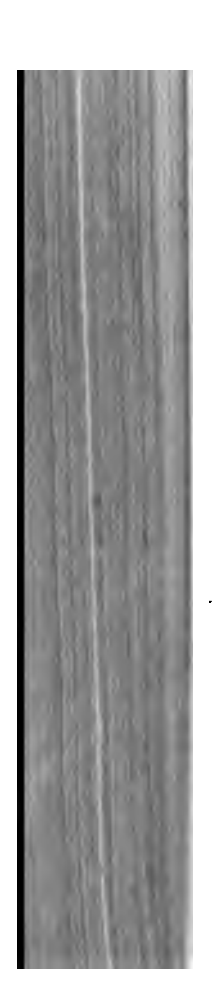
Wie mit dem Seelenleben im Ganzen, so verhält es sich auch mit allen einzelnen Theilen desselben. Alle werden bei Menschen und Thieren durch dieselben Naturgesetze regiert, und alle psychischen Functionen und die daraus hervorgehenden Institutionen des menschlichen Lebens haben sich erst aus den entsprechenden Functionen der Vorfahren des Menschen, zunächst insbesondere der Affen, allmählich heraufgebildet. Ganz besonders gilt dies auch von allen staatlichen und socialen Einrichtungen der menschlichen Gesellschaft. Wir finden die Anfänge, und zum Theil vollkommnere Stufen derselben, bei den Thieren, und oft selbst bei weit vom Menschen entfernten Thieren wieder, wie z. B. bei den Insecten (Ameisen). Auch für das Verständniss dieser höchst verwickelten Erscheinungen ist das vergleichende Studium derselben bei den Thieren unerlässlich, und die Staatsmänner, die Volkswirthschaftslehrer, die Geschichtsschreiber der Zukunft werden vor Allem vergleichende Zoologie, d. h. vergleichende Morphologie und Physiologie der Thiere als unerlässliche Grundlage studiren müssen, wenn sie zu einem wahrhaft naturgemässen Verständnisse der entsprechenden menschlichen Erscheinungen gelangen wollen.

Die interessantesten, wichtigsten und lehrreichsten Erscheinungen des organischen Lebens versprechen auf diesem noch fast ganz uncultivirten Wissenschaftsgebiete eine bisher ungeahnte Fülle der reichsten Ausbeute [1]). Die zoologisch gebildeten und vergleichend untersuchenden Psychologen der Zukunft werden hier eine Ernte halten, von der sich die erfahrungslosen Psychologen der scholastischen Speculation bisher nichts haben träumen lassen. In noch weit höherem Maasse, als die „vergleichende Anatomie" der Thiere die früher ausschliesslich cultivirte „rein menschliche" Anatomie überflügelt und dennoch ihr zugleich ein unendlich höheres Interesse gegeben hat, wird die „vergleichende Psychologie" der Thiere mit allen ihren Zweigen die bisherige „rein menschliche" Psychologie überflügeln und sie zugleich zu einer ganz neuen Wissenschaft umgestalten.

Wie weit man aber noch allgemein von der richtigen Erkenntniss dieses Verhältnisses entfernt ist, zeigt sich nicht allein in der gänzlichen Vernachlässigung der Thierseelenkunde, sondern auch in der allgemeinen Unterschätzung der psychischen Differenzirung des Menschen selbst. Die wenigsten Menschen wissen den unermesslich weiten Abstand zu schätzen, welcher die höchsten von den tiefsten

---

[1]) Unter den wenigen psychologischen Werken, welche in neuester Zeit die ersten ernstlichen Versuche gemacht haben, sich von dem scholastischen Zwange der traditionellen Speculation zu befreien und eine monistische Psychologie auf dem einzig festen Boden der vergleichenden Zoologie zu begründen, sind hier insbesondere die trefflichen „Vorlesungen über die Menschen- und Thier-Seele" von Wilhelm Wundt hervorzuheben (Leipzig 1863).



Achtes Buch.

Die Entwickelungsgeschichte der Organismen in ihrer Bedeutung für die Kosmologie.

Bedecke deinen Himmel, Zeus, mit Wolkendunst,
Und übe, dem Knaben gleich, der Disteln köpft,
An Eichen dich und Bergeshöhn;
Musst mir meine Erde doch lassen stehn,
Und meine Hütte, die du nicht gebaut,
Und meinen Heerd, um dessen Gluth
Du mich beneidest.

Ich kenne nichts Aermeres
Unter der Sonn', als euch Götter!
Ihr nähret kümmerlich
Von Opfersteuern und Gebetshauch eure Majestät
Und darbtet, wären nicht Kinder und Bettler
Hoffnungsvolle Thoren.

Da ich ein Kind war, nicht wusste wo aus noch ein,
Kehrt' ich mein verirrtes Auge zur Sonne, als wenn drüber wär'
Ein Ohr, zu hören meine Klage,
Ein Herz, wie mein's, sich des Bedrängten zu erbarmen.
Wer half mir wider der Titanen Uebermuth?
Wer rettete vom Tode mich, von Sclaverei?
Hast du nicht Alles selbst vollendet, heilig glühend Herz?
Und glühtest, jung und gut, betrogen, Rettungsdank
Dem Schlafenden da droben?

Ich dich ehren? Wofür?
Hast du die Schmerzen gelindert je des Beladenen?
Hast du die Thränen gestillet je des Geängsteten?
Hat nicht mich zum Manne geschmiedet
Die allmächtige Zeit und das ewige Schicksal,
Meine Herren und deine?

Wähntest du etwa, ich sollte das Leben hassen,
In Wüsten fliehen, weil nicht alle
Blüthenträume reiften?

Hier sitz' ich, forme Menschen nach meinem Bilde,
Ein Geschlecht, das mir gleich sei,
Zu leiden, zu weinen,
Zu geniessen und zu freuen sich,
Und dein nicht zu achten,
Wie ich!

Goethe (Prometheus).

Neunundzwanzigstes Capitel.

Die Einheit der Natur und die Einheit der Wissenschaft.

(System des Monismus.)

> „Nach ewigen, ehrnen
> Grossen Gesetzen
> Müssen wir Alle
> Unseres Daseins
> Kreise vollenden.“
>
> Goethe.

Nachdem wir versucht haben, in dem Objecte unserer Untersuchung, in der gesammten organischen Formenwelt, die absolute Herrschaft eines einzigen, allumfassenden Naturgesetzes, des allgemeinen Causalgesetzes, nachzuweisen, nachdem wir gezeigt haben, dass alle Organismen ohne Ausnahme, den Menschen mit inbegriffen, diesem obersten und höchsten Naturgesetze der absoluten Nothwendigkeit unterworfen sind, erscheint es am Schlusse unserer Darstellung wohl nicht unpassend, von dem so errungenen Standpunkte aus einen Blick auf unser Verhältniss zur Gesammt-Natur, sowie insbesondere auf das Verhältniss der organischen Morphologie zur gesammten Natur-Wissenschaft zu werfen.

Kosmos oder Weltall nennen wir das allumfassende Naturganze, wie es der Erkenntniss des Menschen zugänglich ist. Dieser Kosmos ist die Gesammtsumme aller Materie und aller Kraft, da wir uns als Menschen weder eine Vorstellung von einer Materie ohne Kraft, noch von einer Kraft ohne Materie machen können [1]). Man kann die-

[1]) Diesen äusserst wichtigen Fundamentalsatz haben wir bereits an mehreren Stellen unseres Werkes erläutert und wir kommen im nächsten Capitel noch auf ihn zurück. Bei der allgemeinen Selbsttäuschung, welche in dieser Beziehung unter den Menschen herrscht, kann nicht oft genug darauf hingewiesen werden, dass alle Kräfte ohne Ausnahme, also auch die geistigen, an die Materie gebunden sind, und nur an ihr zur Erscheinung kommen. Wir sind als Menschen vollkommen unvermögend, uns irgend eine immaterielle Kraft vorzustellen. Alle angeblichen Vorstellungen einer solchen

sen Kosmos oder Mundus, das Universum (τὸ πᾶν), wie ihn Alexander von Humboldt in der grossartigsten Weise als Ganzes erfasst und dargestellt hat, in einen siderischen und in einen tellurischen Theil zerlegen, von denen der letztere sich bloss mit dem vom Menschen bewohnten Planeten, der Erde, der letztere mit dem gesammten übrigen, ausserirdischen Weltall beschäftigt. Der tellurische Kosmos wird wiederum in eine anorganische und in eine organische Natur zerfällt, deren gegenseitige Beziehungen wir im fünften Capitel ausführlich erläutert haben (Bd. I, S. 111).

Kosmologie oder Weltlehre können wir im weitesten Sinne die menschliche Wissenschaft vom Weltall nennen. Diese allumfassende Wissenschaft ist zugleich die Wissenschaft κατ᾽ ἐξοχήν, da es eine andere Erkenntnissquelle als das Weltall oder die Gesammtnatur nicht giebt. Alle wirklichen Wissenschaften sind also entweder Theile der Kosmologie oder das umfassende Ganze der Kosmologie selbst. Der Eintheilung des Kosmos in siderischen und tellurischen Theil entsprechend kann man die Uranologie (Himmelskunde) und die Pangeologie (Erdkunde im weitesten Sinne, oder Gesammtwissenschaft von der Erde) unterscheiden. Die Pangeologie ist ebenso ein Theil der Kosmologie, wie die Anthropologie ein Theil der Biologie. Die Pangeologie zerfällt wiederum in die beiden Zweige der anorganischen Erdwissenschaft (Abiologie) und der organischen Erdwissenschaft (Biologie), deren Verhältniss zu einander, so wie das ihrer einzelnen Zweige wir im zweiten Capitel erörtert haben (Bd. I, S. 21).

Die Materie und die davon untrennbare Kraftsumme der Welt sind in Zeit und Raum unbeschränkt, ewig und unendlich. Da aber ein ununterbrochenes Wechselspiel von Kräften, eine unbeschränkte Wechselfolge und Gegenwirkung von Anziehungen und Abstossungen die Materie in beständiger Bewegung erhält, so befindet sich ihre Form in beständiger Veränderung. Während also Stoff und Kraft ewig und unendlich sind, ist dagegen ihre Form in ewiger und unendlicher Veränderung (Bewegung) begriffen. Die Wissenschaft von dieser ewigen Bewegung des Weltalls kann als Weltgeschichte im weitesten Sinne oder auch als Entwickelungsgeschichte des Universums, als Kosmogenie bezeichnet werden. Die Kosmogenie zerfällt in die beiden Zweige der Uranogenie (welche Kant sehr richtig die „Naturgeschichte des Himmels“ nannte) und in die Pangeogenie, die „Naturgeschichte der Erde“ oder die Entwickelungsgeschichte der Erde,

---

sind in Wirklichkeit nur Vorstellungen von gasförmigen Materien, oder von feineren, schwerelosen Materien, gleich dem expansiven Wärmestoff zwischen den cohäsiven Atomen und Molekülen der Materie (vergl. Bd. I, S. 117 und 172).

welche auch häufig mit dem mehrdeutigen Namen der „Geologie" bezeichnet wird [1]).

Wenn wir von der Entwickelungs-Bewegung des Weltalls als solcher absehen und das fertige Resultat derselben in irgend einem Zeitmomente betrachten, so bezeichnen wir die wissenschaftliche Kenntniss

---

[1]) Die Erde als Planet, als Theil unseres Sonnensystems, hat sich ebenso entwickelt, wie jeder andere Theil der Welt. Die einzige Theorie, welche wir von der Entwickelung der Erde besitzen, ist die bekannte, mathematisch begründete Theorie von Kant und Laplace, nach welcher die Erde allmählich durch Abnahme der Temperatur aus dem gasförmigen in den feurigflüssigen, aus diesem in den festen (oder wenigstens auf der oberflächlichen Rinde festen) Aggregatzustand übergegangen ist. Diese Theorie involvirt selbstverständlich einen zeitlichen Anfang des organischen Lebens auf der Erde, da dieses erst dann entstehen konnte, nachdem die Temperatur bis zur tropfbar-flüssigen Verdichtung des Wassers gesunken war. Eine nothwendige Consequenz dieser Theorie ist die Autogonie, d. h. die (wenigstens einmal stattgehabte) unmittelbare Entstehung von einfachsten Organismen (Moneren) aus anorganischen Materien, welche wir im sechsten Capitel erläutert haben. Diese Kant-Laplace'sche Theorie ist die einzige wissenschaftliche Entwickelungs-Theorie der Erde, welche wir besitzen, und sie befindet sich in vollkommenem Einklang mit allen unseren sonstigen Natur-Erkenntnissen, insbesondere mit der Astronomie und mit der Morphogenie. Neuerdings ist von Bischof in Bonn und von einigen seiner Schüler der Versuch gemacht worden, auf chemische Argumente gestützt, diese Theorie umzustürzen, und es ist namentlich die Behauptung aufgestellt worden, dass die Erde als solche ewig und ebenso das organische Leben auf der Erde ewig, d. h. ohne Anfang sei. Diese Behauptung ist sowohl aus allgemeinen philosophischen als aus besonderen empirischen Gründen völlig zu verwerfen. Es wird dadurch die Ewigkeit der Form behauptet, während doch nur Stoff und Kraft ewig, die Form dagegen beständig veränderlich ist. Jene Theorie verwirft die Kant-Laplace'sche Theorie, ohne etwas Anderes an ihre Stelle zu setzen; sie ist einfach negativ. Sie ist aber auch völlig unvereinbar mit allen Thatsachen der Morphogenie oder der organischen Entwickelungsgeschichte. Alle Thatsachen der Ontogenie und Phylogenie, vor Allem aber die äusserst wichtige dreifache genealogische Parallele der phyletischen, biontischen und systematischen Entwickelung beweisen mit der grössten Sicherheit und Uebereinstimmung, dass das organische Leben auf der Erde zu irgend einer Zeit einen Anfang hatte (mag derselbe auch noch so viele Milliarden von Jahrtausenden hinter uns liegen). Sie beweisen ferner mit der grössten Evidenz das grosse Gesetz des Fortschritts oder der Vervollkommnung, welche eine nothwendige Wirkung der Selection ist (S. 257). Unsere genealogischen Tafeln am Ende dieses Bandes weisen im Einzelnen nach, wie dieses grosse Gesetz, welches eine logische Nothwendigkeit ist, durch die allgemeinen Resultate der Paläontologie empirisch begründet wird. Das sicherste Argument dafür aber finden wir in der individuellen Entwickelungsgeschichte der Organismen, welche bloss eine kurze und schnelle Recapitulation ihrer paläontologischen Entwickelung ist. Nur aus gänzlichem Mangel an Kenntniss oder an Verständniss der organischen Entwickelungsgeschichte und der Biologie überhaupt konnte die Behauptung aufgestellt werden, dass das organische Leben auf der Erde von Ewigkeit her bestanden habe. Wir unsererseits halten an der Kant-Laplace'schen Theorie in der Geogenie, ebenso wie an der atomistischen Theorie in der Chemie, so lange fest, als dieselbe mit allen beobachteten Thatsachen in Einklang, und als sie nicht durch eine bessere Theorie ersetzt ist.

dieses Resultates als Weltbeschreibung oder Kosmographie, welche wiederum in einen siderischen und tellurischen Theil, in die Uranographie und in die Pangeographie zerfällt. Diese Wissenschaften nehmen zu den vorhergehenden (zur Kosmogenie, Uranogenie und Pangeogenie) dieselbe Stellung ein, wie die Anatomie der Organismen zu ihrer Entwickelungsgeschichte. Erst durch die Erkenntniss der letzteren gelangen wir zum Verständniss der ersteren. Erst durch die Geschichte der Welt oder eines Theiles derselben wird ihre Beschreibung zur wirklichen Wissenschaft, zur Erkenntniss. Wir erhalten demnach folgendes Schema von dem gegenseitigen Verhältniss der obersten Hauptzweige menschlicher Wissenschaft zu einander:

Kosmologie oder Naturphilosophie.
(Weltkunde oder Gesammtwissenschaft von der erkennbaren Welt; die einzige, allumfassende, wirkliche Wissenschaft, identisch mit der natürlichen Theologie.)

I. Uranologie oder Himmelskunde.
(Gesammtwissenschaft von der ausserirdischen Natur.)
Siderischer Theil der Kosmologie.

A. Uranogenie oder Naturgeschichte des Himmels.
(Entwickelungsgeschichte der ausserirdischen Natur.)
Siderischer Theil der Kosmogenie.

B. Uranographie oder Naturbeschreibung des Himmels.
(Gesammtwissenschaft von der ausserirdischen Natur in irgend einem Zeitmoment.)
Siderischer Theil der Kosmographie.

II. Pangeologie oder Erdkunde (Geologie im weitesten Sinne).
(Gesammtwissenschaft von der irdischen Natur.)
Tellurischer Theil der Kosmologie (Abiologie und Biologie).

A. Pangeogenie oder Naturgeschichte der Erde.
(Entwickelungsgeschichte der irdischen Natur.)
Tellurischer Theil der Kosmogenie.

B. Pangeographie oder Naturbeschreibung der Erde.
(Gesammtwissenschaft von der irdischen Natur in irgend einem Zeitmoment.)
Tellurischer Theil der Kosmographie.

Diese wenigen obersten Wissenschafts-Zweige umfassen das gesammte Gebiet der menschlichen Erkenntniss-Sphäre. Alle menschliche Wissenschaft ist Kosmologie, und zwar entweder Uranologie oder Pangeologie; und diese letztere wiederum ist entweder Abiologie oder Biologie (vergl. Bd. I, S. 21). Es existiren nun zwar dem Namen nach

eine Menge anderer Wissenschaften, welche in keine dieser Kategorieen zu gehören scheinen; indessen sind diese angeblichen Wissenschaften entweder untergeordnete Zweige der Kosmologie, oder es sind gar keine Wissenschaften [1]).

„*Nihil est in intellectu, quod non ante fuerit in sensu.*“ Dieser Satz bildet den Ausgangspunkt für die richtige Werthschätzung unseres Erkenntniss-Vermögens [2]). „*Homo naturae minister et interpres tantum facit et intelligit, quantum de naturae ordine, re et mente observaverit; nec amplius scit aut potest.*“ Mit diesen Worten hat bereits Baco von Verulam den wichtigen Grundsatz festgestellt, dass

---

[1]) Wie die gelehrte Scholastik des Mittelalters noch vielfach unsere Anschauungen beherrscht, zeigt sich vielleicht nirgends so auffallend als in der üblichen und althergebrachten Eintheilung der Wissenschaften, wie sie sich namentlich auch in der Eintheilung der Facultäten auf unseren Universitäten offenbart. Voran steht die Theologie. Die wirklich natürliche, d. h. wahrheitsgemässe Theologie fällt zusammen mit der Kosmologie, oder was dasselbe ist, mit der Naturphilosophie. Denn da Gott allmächtig, da er die Summe aller Kräfte in der Welt ist, da er das ganze Universum umfasst, so muss er auch in allen Theilen des Kosmos erkennbar sein, so ist jede Naturerscheinung eine Wirkung Gottes, oder was dasselbe ist, des Causalgesetzes und die allumfassende Naturwissenschaft ist zugleich Gotteserkenntniss. Die scholastische Theologie dagegen, wie sie gewöhnlich gelehrt wird, ist in ihrem historischen Theile (als Entwickelungsgeschichte der Glaubens-Dichtungen) ein kleiner Theil der Anthropologie und speciell der genetischen Psychologie; in ihrem dogmatischen Theile ist sie keine Wissenschaft, da Dogma und Erkenntniss als solche sich ausschliessen. Zum grossen Theile gehört die Theologie in das psychiatrische Gebiet; zum grossen Theile ist sie, ebenso wie die Jurisprudenz und Medicin, eine Kunst, eine praktische Sammlung von Kenntnissen und Anweisung zu deren Gebrauch, aber keine reine Wissenschaft. Dass alle Wissenschaften, welche speciell menschliche Verhältnisse betreffen, insbesondere auch die historischen, philologischen, statistischen Wissenschaften etc. Theile der Anthropologie und mithin der Zoologie sind, wurde bereits im vorigen Capitel gezeigt. Es bleibt mithin als einzige reine, allumfassende Wissenschaft in der That nur die Naturphilosophie (identisch mit der Kosmologie) übrig, von welcher die Anthropologie nur ein ganz kleiner beschränkter Theil ist. Die Mathematik ist ein Theil der allgemeinen Kosmologie, wie die Psychologie ein Theil der speciellen Anthropologie und die Logik ein Theil der Psychologie.

[2]) Hier kann ich es mir nicht versagen, einige Worte meines hochverehrten Freundes Rudolph Virchow anzuführen, mit denen derselbe in seinem trefflichen Aufsatze „über die Einheits-Bestrebungen in der wissenschaftlichen Medicin“ schon 1849 die Stellung des Menschen zur Natur und zur Erkenntniss derselben sehr richtig bezeichnet hat: „Alle menschliche Erkenntniss begründet sich auf das Bewusstsein der Einwirkungen, welche der Einzelne von dem erfährt, was ausser ihm ist. Diese Einwirkungen werden bewusst durch die Veränderungen, welche an den Centralapparaten des Gehirns erregt werden. Der menschliche Stolz hat sich darin gefallen, gegenüber dieser mitgetheilten Erregung eine freiwillige als charakteristische Eigenschaft der menschlichen Species aufzustellen, die Spontaneität des Denkens, den Willen. Allein die Beobachtung sowohl der Naturvölker als des einzelnen Menschen von den ersten Tagen seiner Geburt an zeigt uns, dass eine ursprüngliche Spontaneität nicht besteht, sondern dass von Anfang an überall nur Empfindung und Reflexthätigkeit, oder wie man sagt, instinctive Thätigkeit vorhanden ist.“

alle menschliche Erkenntniss in letzter Instanz sinnlich, d. h. a posteriori ist. Es giebt keine Erkenntnisse a priori. Der weit verbreitete Irrthum, dass solche existiren, konnte nur auf einer falschen anthropologischen Basis sich erheben. Seitdem wir in der wahren Erkenntniss der menschlichen Descendenz, in der Gewissheit, dass sich der Mensch aus niederen Wirbelthieren entwickelt hat, den allein richtigen Standpunkt für die Werthschätzung seiner Geistesthätigkeit ein für allemal gewonnen haben, ist es klar, dass man nicht mehr von Erkenntnissen a priori sprechen kann. Die Vererbungs-Gesetze und namentlich das Gesetz der abgekürzten oder vereinfachten Vererbung, erklären uns vollkommen jenen Irrthum (s. oben S. 184). Alle Erkenntnisse ohne Ausnahme sind a posteriori, durch die sinnliche Erfahrung, erworben; sie scheinen aber häufig a priori zu sein, weil sie schon durch viele Generationen vererbt sind. Ebenso werden auch die durch Dressur anerzogenen Fähigkeiten bestimmter Hunderassen (z. B. der Spürhunde) durch Vererbung zu angeborenen (a priori). Von der Mathematik, welche am meisten von allen wirklichen Wissenschaften als a priori construirt gelten könnte, hat bereits John Stuart Mill in seiner vortrefflichen inductiven Logik gezeigt, dass dieselbe in der That eine Wissenschaft a posteriori ist. Jede Zahlgrösse, jede Raumgrösse, jedes Gesetz über deren Verhältnisse ist eine Abstraction aus vorhergegangener Erfahrung, oder ein durch Combination mehrerer solcher Abstractionen gewonnener Schluss.

Hier tritt nun die unermessliche Bedeutung, welche die allgemeine Entwickelungsgeschichte der Organismen und die des Menschen im Besonderen für die universale Kosmologie besitzt, in ihr volles Licht. Lediglich vermittelst der durch die Descendenz-Theorie erworbenen Erkenntniss, dass der Mensch Nichts weiter ist, als einer der letzten und jüngst entwickelten Zweige des Wirbelthierstammes, gelangen wir, wie im vorigen Capitel gezeigt wurde, zu einem richtigen, naturgemässen Verständniss der Anthropologie, und somit auch der Erkenntnissgrenzen des Menschen, und des Verhältnisses seiner Wissenschaft zum Weltganzen. Nur wenn man auf Grund der Descendenz-Theorie und der durch sie causal begründeten Morphogenie die „Stellung des Menschen in der Natur" richtig begriffen und consequent durchdacht hat, kann man auch zu dem allein wahren, d. h. naturgemässen Verständniss der menschlichen Wissenschaft gelangen.

Der Grundgedanke, welcher unser System der „generellen Morphologie der Organismen" als rother Faden durchzieht, und welcher nach unserer unerschütterlichen Ueberzeugung die unerlässliche Basis aller wahrhaft wissenschaftlichen Bestrebungen zum Verständniss der organischen Formenwelt sein muss, ist der Gedanke von der absoluten

Einheit der Natur, der Grundgedanke, dass es ein und dasselbe allmächtige und unabänderliche Causal-Gesetz ist, welches die gesammte Natur ohne Ausnahme, die organische wie die anorganische Welt regiert. Dieses Causal-Gesetz ist die allumfassende Nothwendigkeit, die ἀνάγκη, welche ebenso wenig einen „Zufall", als einen „freien Willen" zulässt. Durch eingehende Vergleichung der Organismen und der Anorgane hinsichtlich ihrer Stoffe, Formen und Kräfte haben wir im fünften Capitel zu zeigen versucht, dass diese äusserst wichtige philosophische Erkenntniss von der Einheit der organischen und anorganischen Natur empirisch fest begründet ist.

Dieser Einheit der Natur entspricht vollständig die Einheit der menschlichen Natur-Erkenntniss, die Einheit der Naturwissenschaft, oder was dasselbe ist, die Einheit der Wissenschaft überhaupt. Alle menschliche Wissenschaft ist Erkenntniss, welche auf Erfahrung beruht, ist empirische Philosophie, oder wenn man lieber will, philosophische Empirie. Die denkende Erfahrung oder das erfahrungsmässige Denken sind die einzigen Wege und Methoden zur Erkenntniss der Wahrheit. So kommen wir auf den wichtigen Satz zurück, welchen wir bereits im vierten Capitel begründet haben:

Alle wahre Naturwissenschaft ist Philosophie und alle wahre Philosophie ist Naturwissenschaft. Alle wahre Wissenschaft aber ist Naturphilosophie.

Dreissigstes Capitel.

Gott in der Natur.

(Amphitheismus und Monotheismus.)

Wer darf ihn nennen? und wer bekennen: Ich glaub' ihn?
Wer empfinden, und sich unterwinden, zu sagen: Ich glaub' ihn nicht?
Der Allumfasser, der Allerhalter,
Fasst und erhält er nicht dich, mich, sich selbst?
Wölbt sich der Himmel nicht da droben?
Liegt die Erde nicht hier unten fest?
Und steigen, freundlich blinkend, ewige Sterne nicht herauf?

Goethe.

Der Monismus, wie wir denselben in der generellen Morphologie der Organismen als das unentbehrliche Fundament der Wissenschaft und als die nothwendige Voraussetzung der reinen Erkenntniss nachgewiesen und allgemein durchgeführt haben, ist von vielen Seiten als Atheismus und als Materialismus verschrieen und als solcher auf das Heftigste bekämpft worden. Wir sind darauf gefasst, diesen Vorwurf auch gegen unsere monistische Naturanschauung erhoben zu sehen, um so mehr, als wir die herrschende, dualistische Vorstellung eines persönlichen Schöpfers, wie jeder „Schöpfung" überhaupt, auf das Entschiedenste verwerfen und bekämpfen. Bei der allgemeinen Unklarheit und Urtheilslosigkeit, welche gerade in der empirischen Morphologie in Betreff dieser wichtigsten Grund-Principien herrscht, erscheint es passend, am Schlusse dieses Werkes unsern betreffenden Standpunkt klar zu bestimmen, und kurz zu zeigen, dass der von uns ausschliesslich cultivirte Monismus zugleich der reinste Monotheismus ist.

Was zunächst den Vorwurf des Materialismus betrifft, den man gegen den Monismus erhoben hat, so ist derselbe, wie schon Schleicher bemerkt hat, ganz „eben so verkehrt, als wollte man ihn des Spiritualismus zeihen" (Bd. I, S. 105). Der Monismus kennt weder die Materie ohne Geist, von welcher der Materialismus spricht, noch den Geist ohne Materie, welchen der Spiritualismus annimmt.

Vielmehr giebt es für ihn „weder Geist noch Materie im gewöhnlichen Sinne, sondern nur Eins, das Beides zugleich ist." Wir kennen eine geistlose Materie, d. h. einen Stoff ohne Kraft, ebenso wenig, als einen immateriellen Geist, d. h. eine Kraft ohne Stoff. Jeder Stoff als solcher besitzt eine Summe von Spannkräften, welche als lebendige Kraft in die Erscheinung treten, und jede Kraft kann nur durch die Materie, an welcher sie haftet, als solche wirksam sein. Diese rein monistische Ansicht, welche wir auf das Entschiedenste vertreten, ist schon vor langer Zeit von einem unserer hervorragendsten Denker und Naturforscher, von Wolfgang Goethe, so klar und bestimmt ausgesprochen worden, dass wir nichts Besseres thun können, als seinen merkwürdigen Ausspruch hier nochmals hervorzuheben:

„Weil die Materie nie ohne Geist, der Geist nie ohne Materie existirt und wirksam sein kann, so vermag auch die Materie sich zu steigern, sowie sich's der Geist nicht nehmen lässt, anzuziehen und abzustossen; wie derjenige nur allein zu denken vermag, der genugsam getrennt hat, um zu verbinden, genugsam verbunden hat, um wieder trennen zu mögen!"

Was nun aber zweitens den Vorwurf des Atheismus betrifft, den zweifelsohne sowohl gedankenlose Naturkenner, als auch kenntnisslose Naturdenker gegen unseren Monismus erheben werden, so schleudern wir diesen schweren Vorwurf dadurch auf sie zurück, dass wir ihren angeblichen Theismus als Amphitheismus, unseren Monismus dagegen als reinen Monotheismus nachweisen.

Es ist in der That nicht schwer, bei objectiver und vorurtheilsfreier Betrachtung zu der klaren Ueberzeugung zu gelangen, dass der mythologisch begründete Theismus, welcher angeblich als „reiner Monotheismus" die Culturvölker der neueren Zeit beherrscht, und welcher in der organischen Morphologie als Schöpfungs-Mythus noch gegenwärtig eine so hervorragende Rolle spielt, in der That kein Monotheismus, sondern Amphitheismus ist. Monotheismus war diese herrschende Gotteslehre nur so lange, als alle Naturerscheinungen ohne Ausnahme für das unmittelbare Resultat der persönlichen göttlichen Weltherrschaft galten, nur so lange, als alle anorganischen und organischen Phänomene — vom Wehen des Windes und dem Rollen des Donners bis zu dem Lichte der Sonne und dem Laufe der Gestirne, von dem Blüthenduft der Pflanze und dem Fluge des Vogels bis zu der Gedankenbildung des Menschen und der Entwickelungsgeschichte der Völker — directe Wirkungen eines monarchischen, persönlichen Schöpfers waren. Als aber die neuere Naturwissenschaft nachwies, dass das gesammte Gebiet der anorganischen Natur durch feste und ausnahmslose Natur-

gesetze regiert werde, als Physik und Chemie die Abiologie in mathematische Formeln brachten, da wurde dem persönlichen Schöpfer die Hälfte seines Gebiets entrissen, und es blieb ihm nur noch die organische Natur übrig, und selbst von dieser wurde durch die neuere Physiologie abermals die Hälfte abgelöst, so dass bloss noch die organische Morphologie dem persönlichen Willkühr-Regimente des mediatisirten Weltherrschers unterworfen blieb. So wurde aus dem früheren Monotheismus der vollständige Amphitheismus, welcher gegenwärtig die moderne Weltanschauung der Culturvölker beherrscht, und welcher in der Wissenschaft als der grundverkehrte Dualismus erscheint, den wir in der generellen Morphologie auf das Entschiedenste bekämpft haben. Denn was ist dieser Dualismus Anderes, als der Kampf zwischen zwei Göttern von grundverschiedener Natur? Dort sehen wir auf dem von dem Mechanismus eroberten Gebiete der Abiologie die ausschliessliche Herrschaft von ausnahmslosen und nothwendigen Naturgesetzen, von der ἀνάγκη, welche zu allen Zeiten und an allen Orten dieselbe, und sich beständig gleich bleibt. Hier dagegen erblicken wir auf dem von der Teleologie noch beherrschten Gebiete der Biologie, und vorzüglich auf dem der organischen Morphologie, die launenhafte Willkührherrschaft eines persönlichen und durchaus menschenähnlichen Schöpfers, welcher sich vergeblich abmüht, endlich einmal einen „vollkommenen" Organismus zu schaffen, und beständig die früheren Schöpfungen der „Vorwelt" verwirft, indem er neue verbesserte Auflagen an deren Stelle setzt. Wir haben schon im sechsten Capitel gezeigt, warum wir diese klägliche Vorstellung des „persönlichen Schöpfers" durchaus verwerfen müssen (Bd. I, S. 173). In der That ist dieselbe eine Entwürdigung der reinen Gottes-Idee. Die meisten Menschen stellen sich diesen „lieben Gott" durchaus menschenähnlich vor; er ist in ihren Augen ein Baumeister, welcher nach einem vorher entworfenen Plane den Weltbau ausführt, aber nie damit fertig wird, weil er während der Ausführung immer auf neue, bessere Ideen kommt; er ist ein Theater-Director, welcher die Erde wie ein grosses Marionetten-Theater dirigirt, und die zahllosen Drähte, an denen er der Menschen Herzen lenkt, gewöhnlich mit leidlicher Geschicklichkeit zu handhaben weiss; er ist ein halbbeschränkter König, der nur auf dem anorganischen Gebiete constitutionell, nach fest beschworenen Gesetzen, auf dem organischen Gebiete dagegen absolut, als patriarchalischer Landesvater herrscht, und sich hier durch die Wünsche und Bitten seiner Landeskinder, unter denen die vollkommensten Wirbelthiere die am meisten begünstigten sind, bestimmen lässt, seinen Weltenplan täglich abzuändern.

Wenden wir uns weg von diesem unwürdigen Anthropomorphismus der modernen Dogmatik, welcher Gott selbst zu einem gasförmigen Wirbelthier erniedrigt, und betrachten wir dagegen die unendlich er-

habenere Gottes-Vorstellung, zu welcher uns der Monismus hinführt, indem er die Einheit Gottes in der gesammten Natur nachweist, und den Gegensatz eines organischen und eines anorganischen Gottes aufhebt, welcher den Todeskeim in der Brust jenes herrschenden Amphitheismus bildet[1]). Unsere Weltanschauung kennt nur einen einzigen Gott, und dieser allmächtige Gott beherrscht die gesammte Natur ohne Ausnahme. Wir erblicken seine Wirksamkeit in allen Erscheinungen ohne Ausnahme. Die gesammte anorganische Körperwelt ist ihr ebenso, wie die gesammte organische unterworfen. Wenn jeder Körper im luftleeren Raume in der ersten Secunde 15 Fuss fällt, wenn jedesmal drei Atome Sauerstoff mit einem Atom Schwefel sich zu Schwefelsäure verbinden, wenn der Winkel, den eine Säulenfläche des Bergkrystalls mit der benachbarten macht, stets 120° beträgt, so sind diese Erscheinungen ebenso die unmittelbaren Wirkungen Gottes, wie es die Blüthen der Pflanzen, die Bewegungen der Thiere, die Gedanken der Menschen sind. Wir sind alle „von Gottes Gnaden", der Stein so gut wie das Wasser, das Radiolar so gut wie die Fichte, der Gorilla so gut wie der Kaiser von China.

Nur diese Weltanschauung, welche Gottes Geist und Kraft in allen Naturerscheinungen erblickt, ist seiner allumfassenden Grösse würdig; nur wenn wir alle Kräfte und alle Bewegungs-Erscheinungen, alle Formen und Eigenschaften der Materie auf Gott, als den Urheber aller Dinge, zurückführen, gelangen wir zu derjenigen menschlichen Gottes-Anschauung und Gottes-Verehrung, welche seiner unendlichen Grösse in Wahrheit entspricht. Denn „in ihm leben, weben und sind wir". So wird die Naturphilosophie in der That zur Theologie. Der Cultus der Natur wird zu jenem wahren Gottesdienste, von welchem Goethe sagt: „Gewiss es giebt keine schönere Gottesverehrung, als diejenige, welche aus dem Wechselgespräch mit der Natur in unserem Busen entspringt!"

Gott ist allmächtig; er ist der einzige Urheber, die Ursache aller Dinge, d. h. mit andern Worten: Gott ist das allgemeine Causalgesetz. Gott ist absolut vollkommen, er kann niemals anders, als vollkommen gut handeln; er kann also auch niemals willkührlich oder frei handeln, d. h. Gott ist die Nothwendigkeit. Gott ist die Summe aller Kräfte, also auch aller Materie. Jede Vorstellung von Gott, welche ihn von der Materie trennt, setzt ihm eine Summe von

[1]) Wir sehen hier ganz davon ab, dass ausser dem anorganischen (nothwendigen) und dem organischen (willkührlichen) Gott, welche gegenwärtig in der Weltanschauung der meisten Menschen sich gegenüber stehen, gewöhnlich noch eine Anzahl anderer Götter (z. B. der Teufel, die Engel, die Heiligen) verehrt oder gefürchtet werden, welche diesen Amphitheismus zum vollen Polytheismus stempeln.

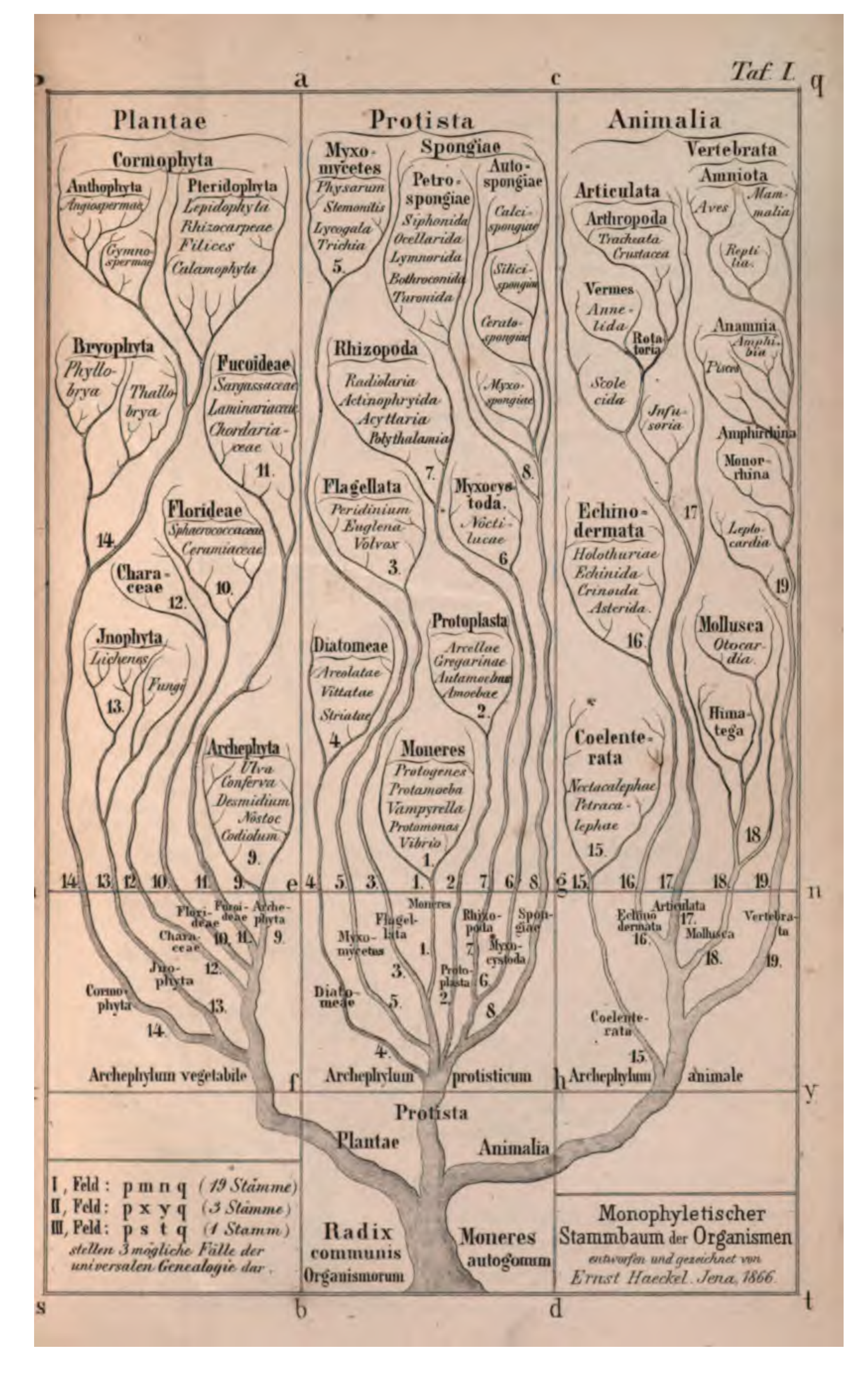
Kräften gegenüber, welche nicht göttlicher Natur sind, jede solche Vorstellung führt zum Amphitheismus, mithin zum Polytheismus.

Indem der Monismus die Einheit in der gesammten Natur nachweist, zeigt er zugleich, dass nur ein Gott existirt, und dass dieser Gott in den gesammten Natur-Erscheinungen sich offenbart. Indem der Monismus die gesammten Phänomene der organischen und anorganischen Natur auf das allgemeine Causal-Gesetz begründet, und dieselben als die Folgen „wirkender Ursachen" nachweist, zeigt er zugleich, dass Gott die nothwendige Ursache aller Dinge und das Gesetz selbst ist. Indem der Monismus keine anderen, als die göttlichen Kräfte in der Natur erkennt, indem er alle Naturgesetze als göttliche anerkennt, erhebt er sich zu der grössten und erhabensten Vorstellung, welcher der Mensch als das vollkommenste aller Thiere fähig ist, zu der Vorstellung der Einheit Gottes und der Natur.

„Was wär' ein Gott, der nur von aussen stiesse,
Im Kreis das All am Finger laufen liesse!
Ihm ziemt's, die Welt im Innern zu bewegen,
Natur in Sich, Sich in Natur zu hegen,
So dass, was in Ihm lebt und webt und ist,
Nie Seine Kraft, nie Seinen Geist vermisst."



Register.



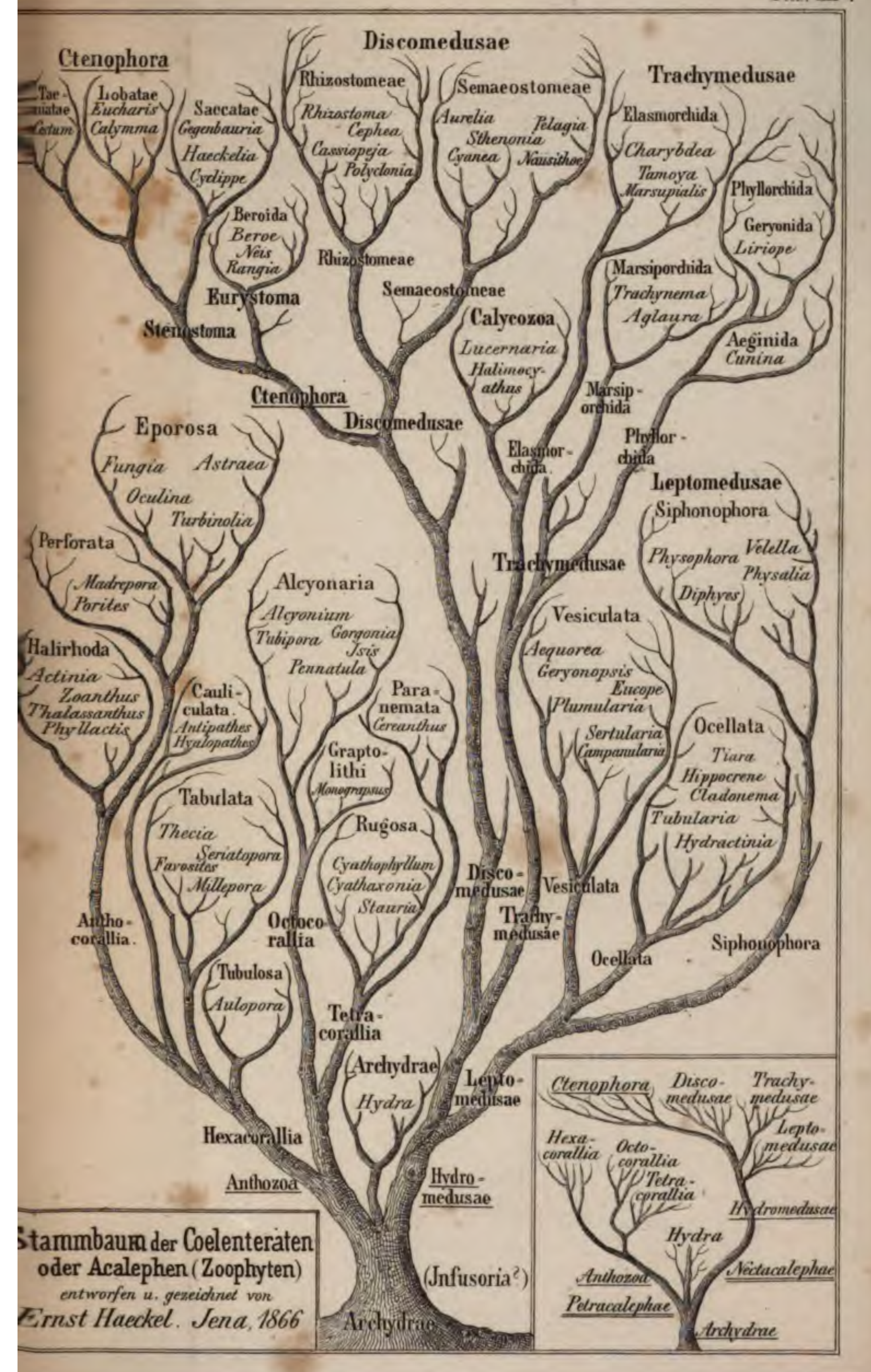
Taf. I.
a
c
q
Plantae
Protista
Animalia
Cormophyta
Anthophyta
Angiospermae
Gymnospermae
Pteridophyta
Lepidophyta
Rhizocarpeae
Filices
Calamophyta
Bryophyta
Phyllobrya
Thallobrya
Fucoideae
Sargassaceae
Laminariaceae
Chordariaceae
11.
14.
Florideae
Sphaerococcaceae
Ceramiaceae
10.
Characeae
12.
Jnophyta
Lichenes
Fungi
13.
Archephyta
Ulva
Conferva
Desmidium
Nostoc
Codiolum
9.
Myxomycetes
Physarum
Stemonitis
Lycogala
Trichia
5.
Spongiae
Petrospongiae
Siphonida
Ocellarida
Lymnorida
Bothroconida
Turonida
Autospongiae
Calcispongiae
Silicispongiae
Ceratospongiae
Myxospongiae
8.
Rhizopoda
Radiolaria
Actinophryida
Acyttaria
Polythalamia
7.
Myxocystoda
Noctilucae
6.
Flagellata
Peridinium
Euglena
Volvox
3.
Protoplasta
Arcellae
Gregarinae
Autamoebae
Amoebae
2.
Diatomeae
Areolatae
Vittatae
Striatae
4.
Moneres
Protogenes
Protamoeba
Vampyrella
Protomonas
Vibrio
1.
Vertebrata
Amniota
Aves
Mammalia
Reptilia
Articulata
Arthropoda
Tracheata
Crustacea
Vermes
Annelida
Rotatoria
Scolecida
Infusoria
Anamnia
Amphibia
Pisces
Amphirhina
Monorrhina
17.
Leptocardia
19.
Echinodermata
Holothuriae
Echinida
Crinoida
Asterida
16.
Mollusca
Otocardia
Himatega
Coelenterata
Nectacalephae
Petracalephae
15.
18.
14 13 12 10 11 9 e 4 5 3 1 2 7 6 8 g 15 16 17 18 19
m
n
Florideae 10.
Fucoideae 11.
Archephyta 9.
Characeae 12.
Jnophyta 13.
Cormophyta 14.
Moneres 1.
Flagellata 3.
Myxomycetes 5.
Diatomeae 4.
Rhizopoda 7.
Spongiae 8.
Myxocystoda 6.
Protoplasta 2.
Articulata 17.
Echinodermata 16.
Mollusca 18.
Vertebrata 19.
Coelenterata 15.
Archephylum vegetabile
f
Archephylum protisticum
h
Archephylum animale
x
y
Protista
Plantae
Animalia
I, Feld: p m n q (19 Stämme)
II, Feld: p x y q (3 Stämme)
III, Feld: p s t q (1 Stamm)
stellen 3 mögliche Fälle der universalen Genealogie dar.
Radix communis Organismorum
Moneres autogonum
Monophyletischer Stammbaum der Organismen
entworfen und gezeichnet von Ernst Haeckel. Jena, 1866.
s
b
d
t



Phanerogamae (Anthophyta)
Pteridophyta (Filicinae)
Filices
Geopterides
Lepidodendreae
Monocotyledones
(Endogenae)
Dialypetalae (Polypetalae)
Gamopetalae (Monopetalae)
Coniferae
Monochlamydeae (Apetalae)
Dichlamydeae (Corolliflorae)
Calamiteae
Sigillariae (Stigmariae)
Asterophylliteae
Cycadeae
Lycopodiaceae
Dicotyledones
(Exogenae)
Equisetaceae
Filices
Gymnospermae
Angiospermae
Rhizocarpeae
(Hydropterides)
Gymnospermae
Lepidophyta
Filices
Algae (Phycophyta)
Phanerogamae (Anthophyta)
Calamophyta
Fucoideae *(Phycoda)*
Laminariaceae
Sargassaceae
Bryophyta
(Muscinae)
Florideae
(Pyrrhophyta)
Chordariaceae
Phyllobrya (Frondosae)
Sphaerococcaceae
Delesserieae
Rhodomeleae
Thallobrya (Hepaticae)
Pteridophyta (Filicinae)
Ceramiaceae
Cryptonemeae
Chondraceae
Characeae
Fucoideae
Bryophyta
Porphyraceae
Siphoneae
Corallineae
Jnophyta
(Nematophyta)
Prothallophyta
Florideae
Ectocarpeae
Zygnemaceae
Lichenes
Cormophyta
Ulvaceae
Oscillatorieae
Fungi
(Mycetes)
x
Fucoideae
Confervaceae
Nostochinae
Desmidiaceae
Jnophyta
Archephyta
Codiolaceae
Archephyta
Moneres vegetabile

Stammbaum des Pflanzenreichs
entworfen und gezeichnet von
Ernst Haeckel. Jena, 1866




Ctenophora
Taeniatae
Cestum
Lobatae
Eucharis
Calymma
Saccatae
Gegenbauria
Haeckelia
Cydippe
Beroida
Beroe
Neis
Rangia
Eurystoma
Stenostoma
Ctenophora
Discomedusae
Rhizostomeae
Rhizostoma
Cephea
Cassiopeja
Polyclonia
Semaeostomeae
Aurelia
Pelagia
Sthenonia
Cyanea
Nausithoe
Rhizostomeae
Semaeostomeae
Discomedusae
Trachymedusae
Elasmorchida
Charybdea
Tamoya
Marsupialis
Phyllorchida
Geryonida
Liriope
Marsiporchida
Trachynema
Aglaura
Aeginida
Cunina
Calycozoa
Lucernaria
Halimocyathus
Marsiporchida
Elasmorchida
Phyllorchida
Leptomedusae
Siphonophora
Physophora
Velella
Physalia
Diphyes
Trachymedusae
Vesiculata
Aequorea
Geryonopsis
Eucope
Plumularia
Sertularia
Campanularia
Ocellata
Tiara
Hippocrene
Cladonema
Tubularia
Hydractinia
Discomedusae
Vesiculata
Trachymedusae
Ocellata
Siphonophora
Eporosa
Fungia
Astraea
Oculina
Turbinolia
Perforata
Madrepora
Porites
Halirhoda
Actinia
Zoanthus
Thalassanthus
Phyllactis
Cauliculata
Antipathes
Hyalopathes
Alcyonaria
Alcyonium
Tubipora
Gorgonia
Isis
Pennatula
Paranemata
Cereanthus
Graptolithi
Monograpsus
Tabulata
Thecia
Seriatopora
Favosites
Millepora
Rugosa
Cyathophyllum
Cyathaxonia
Stauria
Anthocorallia
Octocorallia
Tubulosa
Aulopora
Tetracorallia
Archydrae
Hydra
Leptomedusae
Hexacorallia
Anthozoa
Hydromedusae
(Infusoria?)
Archydrae
Ctenophora
Discomedusae
Trachymedusae
Leptomedusae
Hexacorallia
Octocorallia
Tetracorallia
Hydromedusae
Hydra
Anthozoa
Nectacalephae
Petracalephae
Archydrae
Stammbaum der Coelenteraten oder Acalephen (Zoophyten)
entworfen u. gezeichnet von
Ernst Haeckel. Jena, 1866

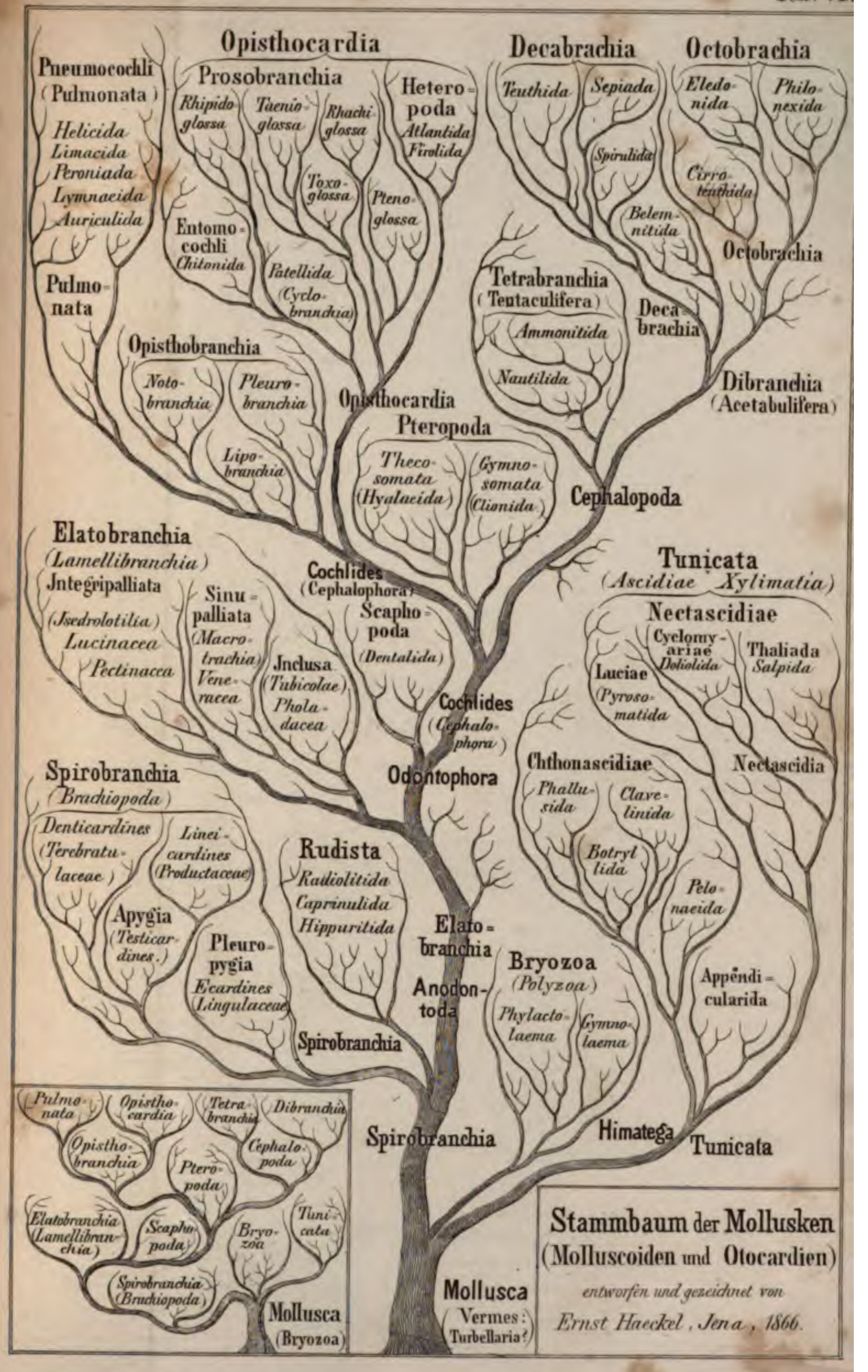



Echinida petalosticha
Spatangida
Cassidulida
Laganida
Euclypeastrida
Scutellida
Brissida
Echinanthida
Caratomida
Clypeastrida
Brissida
Spatangida
Echinanthida
Caratomida
Clariastrida
Laganida
Cassidulida
Echinida
Desmosticha
Petalosticha
Angustistellae Goniocidarida
Latistellae (Echinocidarida)
Spatangida
Clypeastrida
Dysasterida
Echinometrida
Cassidulida
Galeritida
Salenida
Cassidulida
Holothuriae
Aspidochirota
Dendrochirota
Phatnocrina
Angustistellae
Latistellae
Eupodia
Autechinida
Liodermata
Cystidea Echinencrina Agelacrina
Palechinida Eocidarida Melonitida
Goniocidarida (Angustistellae)
Synaptida
Apodia
Palechinida
Stammbaum
der Echinodermen
palaeontologisch begründet,
entworfen und gezeichnet von
Ernst Haeckel
Jena 1866.




Sphaerogastres
Arthrogastres
Masticantia
Sugentia
Dipneumones
Tetrapneumones
Vagabundae
Sedentariae
Araneae
Scorpioda
Pseudoscorpioda
Opilionida (Phalangia)
Phrynida (Tarantulae)
Acara
Pantopoda (Pycnogonida)
Arctisca (Tardigrada)
Solifugae Solpugida
Coleoptera
Hymenoptera
Orthoptera
Neuroptera
Pseudoneuroptera
Lepidoptera
Diptera
Hemiptera
Sugentia
Tocoptera
Masticantia
Jnsecta
Myriapoda
Diplopoda Chilognatha
Chilopoda Syngnatha
Arachnida
Myriapoda
Protracheata
Crustacea (Carides)
Gigantostraca
Pterygotida
Eurypterida
Xiphosura
Poecilopoda
Brachyura
Macrura
Anomura
Eucarida
Edriophthalma
Amphipoda
Isopoda
Tracheata
Annelida
Chaetopoda
Vagantia
Tubicolae
Drilomorpha
Chaetopoda
Gymnocopa
Oligochaeta
Haloscolecita
Annelida
Trilobita
Phyllopoda
Cladocera
Branchiopoda
Decapoda
Stomatopoda
Schizopoda Mysida
Podophthalma
Malacostraca Zoëpoda
Tracheata
Rhynchelminthes
Gephyrea (Sipunculida Echiurida)
Nemathelminthes
Chaetognathi (Sagittae)
Acanthocephala
Rhynchelminthes
Ostracoda (Cypridomorpha)
Copepoda
Siphonostoma
Eucopepoda
(Zoëntoma)
Nematelminthes
Nematoda
(Zoëpoda)
Zoëa
Pectostraca
Rhizocephala
Cirripedia
Zoëa
Scolecida
Platyelminthes
Archicarida
(Naupliomorpha)
Rotatoria
Nemertina
Onychophora
Hirudinea (Discophora)
Cestoda
Rhabdocoela
Arthropoda
Vermes
Dendrocoela
Trematoda
Turbellaria
Ciliata
Acineta
Jnfusoria
Jnfusoria
Arachnida
Jnsecta
Crustacea
Malakostraca
Myriapoda
Tracheata
Entomostraca
Zoëa
Annelida
Nauplius
Scolecida
Arthropoda
Rotatoria
Turbellaria
Vermes
Jnfusoria
Articulata.
Stammbaum der Articulaten
(Jnfusorien, Würmer und Arthropoden)
entworfen und gezeichnet von
Ernst Haeckel. Jena, 1866.





Taf. VI.
Opisthocardia
Decabrachia
Octobrachia
Pneumocochli (Pulmonata)
Prosobranchia
Heteropoda
Atlantida
Firolida
Teuthida
Sepiada
Eledonida
Philonexida
Rhipidoglossa
Taenioglossa
Rhachiglossa
Helicida
Limacida
Peroniada
Lymnaeida
Auriculida
Spirulida
Toxoglossa
Ptenoglossa
Cirroteuthida
Belemnitida
Entomocochli
Chitonida
Patellida (Cyclobranchia)
Octobrachia
Pulmonata
Tetrabranchia (Tentaculifera)
Ammonitida
Nautilida
Decabrachia
Opisthobranchia
Notobranchia
Pleurobranchia
Lipobranchia
Opisthocardia
Dibranchia (Acetabulifera)
Pteropoda
Thecosomata (Hyalaeida)
Gymnosomata (Clionida)
Cephalopoda
Elatobranchia (Lamellibranchia)
Jntegripalliata
(Jsedrolotilia)
Lucinacea
Pectinacea
Sinupalliata
(Macrotrachia)
Veneracea
Jnclusa (Tubicolae)
Pholadacea
Cochlides (Cephalophora)
Scaphopoda (Dentalida)
Tunicata (Ascidiae Xylimatia)
Nectascidiae
Cyclomyariae Doliolida
Thaliada Salpida
Luciae (Pyrosomatida)
Cochlides (Cephalophora)
Odontophora
Spirobranchia (Brachiopoda)
Denticardines (Terebratulaceae)
Lineicardines (Productaceae)
Apygia (Testicardines.)
Pleuropygia
Ecardines
Lingulaceae
Rudista
Radiolitida
Caprinulida
Hippuritida
Chthonascidiae
Phallusida
Clavelinida
Botryllida
Nectascidia
Pelonaeida
Elatobranchia
Bryozoa (Polyzoa)
Phylactolaema
Gymnolaema
Anodontoda
Appendicularida
Spirobranchia
Spirobranchia
Himatega
Tunicata
Pulmonata
Opisthocardia
Tetrabranchia
Dibranchia
Opisthobranchia
Cephalopoda
Pteropoda
Elatobranchia (Lamellibranchia)
Scaphopoda
Bryozoa
Tunicata
Spirobranchia (Brachiopoda)
Mollusca (Bryozoa)
Mollusca
(Vermes: Turbellaria?)
Stammbaum der Mollusken
(Molluscoiden und Otocardien)
entworfen und gezeichnet von
Ernst Haeckel, Jena, 1866.



Taf. VII.

…tilia et Aves)		Dicondylia
…ophalli	Aves	Mammalia

Chelonia (Testudinata)
Auto-phagi
Paedo-trophi
Jmplacentalia
Ornitho-delphia
Didel-phia
Placentalia
Monodelphia
Cher-sita
Thalas-sita
Sauro-phalli
Peri-sterae
Mono-trema
Di-del-phia
Monodel-phia

Creta: Ptero-sauria; Chelo-nia; Auto-phagi; Didelphia, Marsupialia ignota

Ante-creta: Ptero-dac-tyli; Chelo-nia; Sauro-phalli; Ornithuri; Sauriuri; Orni-thodel-phia ign.; Didel-phia, Marsupialia ignota

Jura: Ptero-sauria; Chelo-nia; Archaeo-pteryx; Stereognathus, Phascolotherium, Amphitherium

Ante-jura: Rham-pho-rhynchus; Chelo-nia; Aves; Sauri-uri; Orni-thodel-phia ign.; Didelphia, Triconodon, Galestes, Plagiaulax

Trias: Anomodonta, …ryptodonta, …icynodonta, …opalodonta; Aves; Monotrema; Microlestes, Marsupi-alia

Ante-trias: …uria; Ornitho-delphia; Didelphia; Mammalia

…inter …mmalia

…a | Aves | Mammalia

…phi-…lia
Chelo-nia
Autophagi
Paedo-trophi
Jnses-sores
Sauro-phalli
Ornithuri
Archaeopteryges
Sauriuri
…ro-…ria
Rham-phosau-ria
Anomo-donta
Jndecidua
Edentata
Pycno-derma
Deciduata
De-cidu-ata
Go-rilla
Homo
Simiae
Prosimiae
Ornitho-delphia (Monotre-ma)
Didelphia (Marsu-pialia)
Mono-delphia
Amniota
Mono-condylia
Dicon-dylia
…eco-…onta
Tocosauria
Amphibia
Lissamphibia
Sozo-bran-chia
Soz-ura
An-ura
Phract-amphibia
Pero-mela
Labyrin-thodonta
…ces
…s Selachii
Amniota
Holo-cephali
Plagi-ostomi
Rajae
Squali
Amphi-bia
Amphi-bia
Gano-cephala
Dipneusti (Protopte-ri)
Monorrhina
(Cyclostoma) (Marsipobranchia)
Tabu-liferi
Anamnia
Selachii
Hyperotreta (Myxinoida)
Hyperoartia (Petromyzon-tes)
Amphirrhina
…rdia
Amphioxus
Pachycardia



Zonoplacentalia ← Deciduata → Discoplacentalia

Carnaria
Pinnipedia
Trichecida
Phocida
Lutrina
Mustelina
Carnivora
Felina
Canina
Hyaenida
Cynodonta
Viverrina
Palaeonyctida
Ursina
Amphicyonida
Arctocyonida
Carnaria

Jnsectivora
Erinaceus
Centetes
Talpa
Sorex
Cladobates
Chiroptera
Nycterides
Histiorrhina
Gymnorrhina
Pterocynes
Macrotarsi
Tarsius
Otolicnus
Pteno-pleura
Galeopithecus
Prosimiae
(Hemipitheci)
Bradytarsi
Lemur
Stenops
Propithecus
Leptodactyli
Chiromys
Rodentia
Lagomorpha
Hystrichomorpha
Myomorpha
Sciuromorpha
Hemipitheci

Simiae s: Pitheci
Platyrrhinae
Labidocerca
Mycetes
Lagothrix
Ateles
Aphyocerca
Callithrix
Pithecia
Nyctipithecus
Arctopitheci
Hapale
Midas
Catarrhinae
Engeco
Troglodytes
Gorilla
Engena
Homo
(sapiens)
Satyrus
(Orang)
Dryopithecus
Hylobates
Lipotyla
Tylogluta
Anthropoides
Lipocerca
Ascoparea
Cynocephalus
Cercopithecus
Jnuus
Anasca
Semnopithecus
Colobus
Menocerca
Simiae

Chelophora
Proboscidea
Elephas
Dinotherium
Toxodon
Lammungia
Hyrax
Prosimiae
Zonoplacentalia
Discoplacentalia
Deciduata

Jndecidua
Pycnoderma
Artiodactyla
Perissodactyla
Cetacea
Zeugloceta
Zeuglodon
Autoceta
Balaena
Physeter
Delphinus
Phycoceta
(Sirenia)
Manatus
Halianassa
Cavicornia
Bos
Ovibos
Ovis
Tragelaphus
Capra
Jbex
Antilope
Cervina
Cervus
Palaeomeryx
Orotherium
Dorcatherium
Giraffae
Camelopardalis
Sivatherium
Moschifera
Moschus
Amphitragulus
Dremotherida
Dremotherium
Poebrotherium
Ruminantia
Dichobune
Dichodon
Xiphodonta
Setigera
Sus
Dicotyles
Palaeochoerus
Anthracotherida
Obesa
Hippopotamus
Anoplotherida
Lophiodonta
Coryphodon
Pachynolophus
Tylopoda
Camelus
Auchenia
Macrauchenia
Solidungula
Equus
Hipparion
Anchitherium
Nasuta
Tapirus
Nasicornia
Rhinoceros
Acerotherium
Palaeotherida
Propalaeotherium
Ungulata
Pycnoderma

Jndecidua
Edentata
Cingulata
Dasypus
Glyptodon
Bradypoda
Bradypus
Vermilinguia
Manis
Macrotherium
Gravigrada
Megatherium
Megalonyx
Mylodon
Edentata
Jndecidua

Didelphia
(Marsupialia)
Didelphia zoophaga
Creophaga
Thylacinus
Dasyurus
Edentula
Tarsipes
Cantharophaga
Perameles
Myrmecobius
Didelphia botanophaga
Macropoda
Halmaturus
Hypsiprymnus
Barypoda
Diprotodon
Nototherium
Carpophaga
Petaurus
Phalangista
Phascolarctus
Rhizophaga
Phascolomys
Pedimana
Didelphys
Deciduata
Monodelphia
Didelphia
Monotremata
Echidna
Ornithorhynchus
Ornithodelphia
Mammalia

Stammbaum der Säugethiere mit Jnbegriff des Menschen
entworfen und gezeichnet von Ernst Haeckel. Jena, 1866.





